農 林 省
水 産 講 習 所 研 究 報 告

第11巻　　第1号

農 林 省 水 産 講 習 所
下 関 市 吉 見

(昭和36年10月)

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/journal-national-fisheries-university_1961-10_11_1

目　次

魚類内臓プロテアーゼに関する研究……………………藤　井　　実……　1

油なめし法の検討 その五……………………佐藤　宏・松沢定五郎……　67

アフリカ産オゴノリ *Gracilaria verrucosa* よりの寒天について
……………………田川昭治・立山嘉彦・小島良夫……　71

オクヨウジの形態および生態に関する2・3について……………………高井　徹・溝上昭男……　79

ドジョウの形態学的研究——III
雌雄による形態的差異（2）……………………久保田　善二郎……　85

ドジョウの形態学的研究——IV
環境の相違に基づく形態的差異について……………………久保田　善二郎……127

ドジョウの生態に関する研究——I
生態的分布……………………久保田　善二郎……141

ドジョウの生態に関する研究——II
食性……………………久保田　善二郎……177

ドジョウの生態に関する研究——III
生殖腺について……………………久保田　善二郎……197

ドジョウの生態に関する研究——IV
成長度および肥満度について……………………久保田　善二郎……213

ドジョウの生態に関する研究——V
性比について……………………久保田　善二郎……235

ドジョウの生態に関する研究——VI
体長および体重組成……久保田 善二郎……241

ドジョウの増殖に関する研究——III
精子の保存について……久保田 善二郎……247

ドジョウの増殖に関する研究——IV
投餌量が生産量に及ぼす影響……久保田 善二郎……271

ドジョウの増殖に関する研究——V
卵胞ホルモンによる性転換について……久保田善二郎・松井 魁・西川昇平・関屋 正……287

Contents

Studies on the Protease of Fishes ······ Minoru FUJII ······ 1

Considerations on Oil Tanning (5th) ······ Hirosi SATŌ and Jōgorō MATSUZAWA ······ 67

On the Agar agar prepared from *Gracilaria verrucosa* in Africa ······ Shōji TAGAWA, Yoshihiko TATEYAMA and Yoshio KOJIMA ······ 71

Some Notes on the Morphology and the Ecology of the Pipefish, *Urocampus rikuzenius* (JORDAN et SNYDER) ······ Tōru TAKAI and Akio MIZOKAMI ······ 79

Morphology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)——III. Sexual Dimorphism (2) ······ Zenziro KUBOTA ······ 85

Morphology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)——IV. Relation between the Variation of Morphological Characters and the Environmental Conditions ······ Zenziro KUBOTA ······ 127

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)——I. Ecological Distribution ······ Zenziro KUBOTA ······ 141

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)——II. Food Habit ······ Zenziro KUBOTA ······ 177

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)——III. Development of the Gonad during the Maturation ······ Zenziro KUBOTA ······ 197

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)——IV. Growth and Fatness ······ Zenziro KUBOTA ······ 213

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)——V.
Sex Ratio—its Geographical Variation and the Environmental Control over it
························ Zenziro KUBOTA ······ 235

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)——VI.
Frequency Distribution of Body Length and Body Weight ············ Zenziro KUBOTA ······ 241

Foundation Studies in Culturing of the Japanese Loach,
Misgurnus anguillicaudatus (CANTOR)——III.
Storing of Spermatozoon ························ Zenziro KUBOTA ······ 247

Foundation Studies in Culturing of the Japanese Loach,
Misgurnus anguillicaudatus (CANTOR)——IV.
Yields in Relation to the Amount of Given Foods ·················· Zenziro KUBOTA ······ 271

Foundation Studies in Culturing of the Japanese Loach,
Misgurnus anguillicaudatus (CANTOR)——V.
Sex Reversal induced by Follicular Hormone
·················· Zenziro KUBOTA, Isao MATSUI,
Syohei NISHIKAWA and Tadashi SEKIYA ······ 287

魚類内臓プロテアーゼに関する研究※

藤　井　　実

Studies on the Protease of Fishes※

By

Minoru FUJII

目　　次

緒　　言 …… 3

第一編　魚胃液プロテアーゼに関する研究 …… 4

第一章　酵素試料及び活性測定法 …… 4

第二章　胃，幽門垂及び腸組織のプロテアーゼ活性 …… 4

第三章　胃及び腸液の pH に就いて …… 5

第四章　魚胃液プロテアーゼの至適 pH に就いて …… 9

第五章　魚胃液プロテアーゼの至適温度 …… 10

第六章　魚胃液プロティナーゼのイオン交換樹脂（Amberlite IRC—50H型）による解析 …… 11

第二編　魚幽門垂プロテアーゼに関する研究 …… 14

第一章　イワシ及びマグロ幽門垂プロテアーゼの至適 pH …… 14

第二章　イワシ及びマグロ幽門垂プロテアーゼの至適温度及びその失活 …… 16

第三章　酸，塩基及び有機溶剤のイワシ幽門垂プロテアーゼに及ぼす影響 …… 21

第四章　魚幽門垂粉末試料より水溶性プロテアーゼの抽出法に就いて …… 27

第五章　該酵素の反応速度恒数に就いて …… 29

第六章　プロテアーゼに対する硫安の沈澱能及び生成沈澱物の酵素活性 …… 31

第七章　アセトンの沈澱能及び生成沈澱物の活性 …… 34

第八章　試料粗酵素標品と市販トリプシン標品（粉末）との活性の比較 …… 38

第九章　マグロ幽門垂プロテアーゼに対する抗菌性物質の影響 …… 39

第十章　Tonerde Cγ に依る酵素蛋白質の吸着 …… 42

第十一章　Cγに吸着された酵素蛋白質の溶離に対する pH の影響 …… 47

※ 水産講習所研究業績　第327号，1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 327.
Received June 26, 1961.

第十二章　魚プロテアーゼよりの精製標品とトリプシン結晶との活性比較…… 50
第十三章　Tonerde Cγ の反復吸着処理とプロテアーゼの活性…… 50
第十四章　魚幽門垂プロテアーゼの精製に就いて…… 52
第十五章　魚幽門垂プロティナーゼの構成に就いて…… 54
結　論…… 62
Summary …… 64

緒　　言

魚類内臓プロテアーゼに就いては大谷・島田(1923)[1]，大谷・畑中(1927)[2]，町田 (1933)[3]等がそれぞれカツオ，サバおよびブリ等の幽門垂プロテアーゼに就いて研究を行ない，いずれもその至適 pH は 7～8 の間，至適温度は40°C 以上であるとしている。また大谷・横田 (1933)[4]等はナマズの肝臓の蛋白分解酵素に就いて研究し，その至適 pH は 7.7 で至適温度は45°C であると指摘している。大島・佐々木 (1925)[5]等はギンマスの胃について，島田 (1936)[6]は同魚の胃，腸および幽門垂に就いて，また二戸 (1936)[7]はサケの肝臓，ベニマスの肝臓に就いて，更に高橋・広沢 (1936)[8]等はウナギの胃プロテアーゼの研究を行なった。そしてウナギの胃プロテアーゼの至適 pH は 3 前後，また肝臓，幽門垂および腸のプロテアーゼにおいては至適 pH は約 6.8 の微酸性側にあり，至適温度は約 30°C と発表している。而して大谷 (1948)[9]はサバの腸には蛋白分解酵素なしとしている。更に大谷・中井 (1937)[10]等はヒメマスの胃，腸および幽門垂の蛋白消化酵素の研究においてその至適温度が約 30°C であると記している。

五味・鳥巣[11]等は魚胃液の pH について調査し，アカエイでは pH 5.6 で最大値を示し他はこれより低いと述べ，VONK [11]は魚胃液のpHを4.5～4.7とし，ペプシンの存在を主張しその活性は pH 2 で最もよく働くと述べている。

以上の諸研究結果を要約すれば魚胃液プロテアーゼの至適pHは 3 前後でその至適温度は約30°Cであるが魚種により異なるともいう。

また幽門垂プロテアーゼの至適 pH は 7～8 で至適温度は 30°～40°C 或は40°C 以上ともいわれる。以上の諸研究結果をみるに数値に相当の開きがあり，また測定方法等にも定性的な所が多分にあり充分満足すべきものとはいえない。

魚類，殊に海棲魚類は陸棲動物と異なり海水という制約された環境に生育するものである。したがって空気と異なり常に微アルカリ性を有する海水より摂餌し之を同化して行く消化機構は陸棲動物のそれとは当然異なるものがあると推察される。著者は魚類の蛋白分解消化機構を酵素化学的に明きらかにする目的をもって胃液および幽門垂中に存在する蛋白分解酵素の酵素化学的研究を行なった。そして魚胃液の pH およびプロテアーゼに就いて従来の見解と異なる新しい知見を得た。また幽門垂プロテアーゼに関してはその酵素化学的性質を明きらかにし，更に Tonerde Cγを使用して該酵素系の精製方法を攻究し，更に該酵素系の構成に就き研究を進めその分画を行ない，各分画の基質に対する分解生産物量の差異から各分画の酵素化学的性質に差異を認めこの酵素系の構成に考察を行なった。しかしこの幽門垂酵素系の各分画に関する研究は緒に就いたばかりで今後大いに研究を要するのであるが，一応今日までの研究成果をとりまとめて報告する次第である。

なお最近斗ヶ沢[18)19)20)]等がマグロおよびカツオ幽門垂より結晶プロティナーゼを得たと報告している。

この研究報告をなすに当り御鞭韃を賜わった九大教授富安行雄博士，同九大教授富山哲夫博士に感謝の意を表します。また，この研究を行なう動機をあたえられ，且又終始御鞭韃下さいました九大教授山藤一雄博士に深甚の謝意を表しますと共に，この原稿の校閲の労をとられ，且つ酵素分画実験に種々有益な御意見を与えられ且又貴重な種々の文献を分与されました九大教授船津勝博士に厚く御礼申し上げます。

また，実験に協力された水産講習所の富田輝雄氏，元研究員西野イチ氏ならびにマグロ胃液の pH 調査に協力していただいた田川昭二氏および試料採取に協力していただいた水産講習所教授松井魁博士ならびに耕洋丸乗組の諸氏ならびに静岡県立水産試験場の下田雄四郎技師に感謝の辞を呈します。

第一編　魚胃液プロテアーゼに関する研究

第一章　酵素試料及び活性測定法

1）材　料

水産講習所裏の海より釣り上げた活魚を主として使用したが，場合によっては市場で購入した新鮮な魚類および清水港に揚陸されたマグロ類，或は本所練習船により捕獲されたマグロ類の内臓を使用し，新鮮なまま，或はアセトン・エーテル処理をして脱水脱脂した内臓を粉末化した後試料に供した。新鮮内臓を使用する場合，その1g内外に予め塩酸で処理した珪砂0.1gを添加してよく擂砕し粥状液となしたものをそのまま基質に添加反応させる。粉末試料の場合はその一定量をそのまま基質に添加するか又はその水抽出液の一部を酵素試料として使用した。

2）活性測定法

5％カゼイン溶液（pH 7に調製）：10〜20ccを50ccの目盛を付けた100cc容三角フラスコに入れ，これに緩衝液を添加し所要のpHに調製し温度を一定にした後，上記酵素試料を加え更に同温の蒸溜水を加えて全量を50ccとなし，トルオール5ccを添加して一定温度に一定時間作用させた後20％トリクロール酢酸水溶液約17cc（全液中の最終濃度5％）を添加して酵素作用を止めると共に除蛋白処理を行ない，その濾液を100ccとなしその中より一部を使用してアミノ態窒素，非蛋白可溶性窒素等を測定する。別に上記酵素試料を予め熱処理して酵素活性を破壊したものを上記測定法と全く同様に処理し，その一部を使用して測定したそれぞれの値を対照値としこれを試験値より差し引いた数値を試料の絶乾量に換算するか，又は試料酵素液1cc当りの値，或は酵素液中の蛋白窒素1mgの値に換算した数値（mg）を以て活性とする。反応液に使用する水はすべて硝子容器を使用して採取した再蒸留水である。

アミノ態窒素：ミクロ・バンスライク装置を使用して求めた。

非蛋白可溶性窒素：酵素反応を止めて除蛋白した濾液を一定量（100cc）にし，その一部（10cc）を硫酸分解に付した後，これを試料として窒素量を測定したものである。なお窒素量の測定方法に就いて述べると僅かの条件の変化に伴う酵素活性の差異を測定する場合が非常に多いために酵素活性を示す尺度である窒素量の差異も僅少な場合が少なくなく，従って1/28規定液を使用しても普通の水蒸気蒸溜法による測定値では満足な数値を得ることができない。幸いTHEORELL，RAPPAPORT a. LEVY[12]等の提唱しているIodimetry法が僅少な窒素試料の測定には好都合であることを知ったので更にこの方法を検討し使用条件を決定[13]し実験目的に合致するよう測定方法を決定した。この方法により測定した窒素量を酵素液1cc又は試料中の蛋白窒素量1mg当りの数値に換算した価を酵素活性（Act/1cc酵素液又はAct/1mg蛋白窒素）とした。また実験の後半に至って日立分光光電光度計（EPU－2型）の使用が可能となったので，以後主としてこれを使用しFolinの試薬により発色したものを280mμで比色定量した。また従来の化学定量法による測定値をも再び比色法により追試してその正確度を期した。

水素イオン濃度の測定：主として東洋濾紙KK製の色素表により測定したが，主要なものに対してはグラス電極使用のpHメーター（東亜電波HM－5型）を使用しその正確度を期した。

第二章　胃，幽門垂及び腸組織のプロテアーゼ活性

イワシ内臓の胃，幽門垂および腸に就いてそのプロテアーゼ活性を測定した。胃および腸に就いてはその内容物をよく除去した後ハサミで細切して水で軽く洗滌し濾紙間に挟んで軽く圧して表面の水分を除去した。

これ等に就いて絶乾量1g当りの活性を測定した結果は第1および2表の示すとおりである。

Table 1. Proteolytic activity of the stomach, pyloric caecae and intestines (sardine).
(Time and temp. of reaction : 90 hrs.; 35°C ; pH 5.5)

Sample / Measurement	Stomach	Pyloric caecae	Intestines
NH_2-N (mg)	1.593	1.284	—

Table 2. Proteolytic activity of the stomach, pyloric caecae and intestines (sardine).
(Time and temp. of reaction : 65 hrs.; 35°C ; pH 8.5)

Sample / Measurement	Stomach	Pyloric caecae	Intestines
NH_2-N (mg)	2.278	3.883	—

第1および2表の示すとおり胃および幽門垂には明きらかにプロテアーゼ活性が認められる。試料は両実験とも同一量を使用しているが，アルカリ側の場合反応時間が短いのにもかかわらず酸性側におけるよりも強い活性を示している。即ち幽門垂のみならず胃もむしろアルカリ性側においてより強いプロテアーゼ活性を有することを示している。しかして腸組織中にはいずれの場合にもプロテアーゼ活性を示さなかった。これは大谷[9]のサバにおける実験と一致している。

総　　括

イワシ内臓の胃，幽門垂および腸組織のプロテアーゼ活性の有無およびその強さを検討したところ，胃および幽門垂には明きらかにその活性が認められたが，腸には存在を認められなかった。

また幽門垂のみならず胃においてもそのプロテアーゼ活性はむしろアルカリ性側において強く示された。

第三章　胃及び腸液の pH について

島田[6]，二戸[7]等は魚胃プロテアーゼの至適pHを3～4とし，至適温度に就いては魚種により異なると述べている。五味・鳥巣[11]等は多数の魚類の胃液に就いて研究し，そのいずれも酸性を呈し，アカエイはpH 5.6で，他の魚類はそれよりも低いpH値を有すると発表している。また VONK[11]によれば胃液は常時pH 4.5～4.7の値を有し食餌によって胃が充たされるとpHは更に低下し，pH 2のときそのペプシンは最もよく働くようになると述べている。然るに胃組織プロテアーゼ活性は酸性側よりもむしろアルカリ性側において，より強く示されたので下記の魚種について胃液のpHの検討を行なった。試料としては入手できる限りの活魚を使用した。

1）活魚胃液の pH

海中より釣り上げた活魚を直ちに解剖して東洋濾紙KK製の pH 試験紙を胃壁に押し当てて呈色させた。比較として腸壁の pH をも検討したが，その結果は第1表の示すとおりである。

更に海水の pH の影響を排除する目的で活魚を直ちに0.1N 塩酸液に投入して空気通気を行ない，魚の死後直ちに胃液の pH を測定したところ全く同一結果を得た。

次に大型魚であるマグロの胃液のpHを測定した結果を示す。この測定は当所練習船俊鶻丸が昭和29年12月より翌30年2月末頃印度洋においてマグロ漁場調査およびマグロ捕獲実習を行なったので，乗船者である製造学科助手田川昭二氏に依頼して行なったものである。pHの測定方法は小魚型の場合と同じく胃部を切開してその内壁にpH試験紙を押し当てる方法で，第2表はその結果を示す。

Table 1. The pH value of gastric-juice and intestinal-juice of fishes.

Kind of fishes	Conditions of stomach	pH	
		Gastric-juice	Intestinal-juice
Red sea-bream (Madai)	full empty	7.5 7.4～7.8	8.2 8.3
Puffer (Fugu)	full	7.5～8.0	8.2
Wrasse (Bera)	full	7.6～8.2	8.3～8.4
Black porgy (Kurodai)	full	7.4	8.1
Common sea-bass (Seigo)	full	7.4	8.4
Rock-cod (Mebaru)	full	7.6	8.3
Eel (Unagi)	full empty	7～7.5 7.5	8.0～8.5 8.3

Table 2. The pH value of gastric-juice of yellow fin tuna.

Kind of fishes	Weight (Kg)	Length (cm)	pH	Conditions of fishes
Yellow fin tuna (Kihada) (♂)	65.3	146	7.3	20 minutes after killed. Almost empty in stomach
〃 (♂)	25.1	115	6.3	20 minutes after killed. Squids : 6, half digested
(♂)	58.0	147	7.6	Saury-pike : 1

第1および2表の示すとおり小型魚のみならず，大型魚においてもその胃液のpHは殆んど中性或はむしろ微アルカリ性に傾いていることがわかる。また腸液は当然のことながらpH7.7～8.5というアルカリ性であった。なおこの表には示していないが，死後の経過時間の比較的長いと思われるマグロの胃液のpHは殆んど6.2～6.4の間にあった。以上の諸結果によると小型魚に限らず大型魚における胃消化は中性乃至微アルカリ性で行なわれていることを示すものである。

2）魚の死後の経過時間と胃液のpHの変化

活魚（チヌ，セイゴ）をそのまま放置死に致らしめて放置時間と胃液のpHの変化との関係を調べた。即ち釣り上げたチヌ，セイゴを2群に分かち，一部は直ちに解剖してpHを検し残部を室温に放置し死に致らしめ24時間および48時間後pHを調べた結果第3表のような結果を得た。

Table 3. Change in the pH value of gastric-juice of fishes after ceasing to breathe.

Kind of fishes \ Time (hr.)	0	24	48
Black porgy (Kurodai)	7.8	6.4〜6.6	6.6
Common sea-bass (Seigo)	7.3	—	6

なお，同上試料に就いて腸内のpHを調べた結果を参考のため下に示すと第4表のとおりである。

Table 4. Change in the pH value of intestinal-juice of fishes after ceasing to breathe.

Kind of fishes \ Time (hr.)	0	24	48
Blackporgy (Kurodai)	8.3	6.8	6.8〜7
Commonsea-bass (Seigo)	7.7	—	6.9

即ち魚胃液は第3表の示すとおり活魚においてはむしろ微アルカリ性である。しかるに死後時間の経過と共に微酸性に移行してくるもので，この事実は腸液（第4表）に就いても同じである。即ちこの酸性側への移行はおそらく魚体の自己消化の条件に適合する。

3）胃内容物の存否における胃液の pH に就いて

試料（タイ）を2群に分けて水槽に飼育し， 1群には飼料を全然与えず， 他方には時々生きた小エビ (shrimp) を与え，24時間および48時間後胃液を調べ第5表の結果を得た。

Table 5. The pH value of gastric-juice in case of taking food or none in stomach.
(Kind of fish : red sea-bream)

Rearing period(hr.) \ Conditions of stomach	empty	full of shrimps
24	6.4〜6.8	7.2〜7.5
48		

上表の結果を見るに，胃内容が空の時は微酸性を示しているが，小エビを摂取することにより微アルカリ性となった。そしてこの関係は24および48時間の飼育の試料に就いても同一結果をあたえた。この事実は VONK 11)の知見と全く逆である。この相違に関する解明は後章で行なうが，とにかく魚類は自然環境においては絶えず摂餌しているので，従って胃は何らかの食餌により充胃されているものと考えることは決して不自然ではない。もしそうだとすれば，胃消化は当然アルカリ性で行なわれていると考えざるを得ないのである。

4）麻酔死による魚の胃液の pH

以上述べてきた諸実験はいわゆる生体解剖による結果を示したものであるが，この生体解剖処理によって瞬間的に活魚の筋肉および内臓の諸器官に生理的の諸変調を生じ，その結果が胃液の pHにも或影響を及ぼ

すものではないかとも考えられたので，この心配を排除する方法として飽和ウレタン（Ethyl-carbamate）液を水槽中に滴加して魚を麻酔状態にして直ちに解剖し胃液のpHを検した。

その結果は第6表のとおりである。

Table 6. The pH value of gastric-juice of fishes killed with narcotic.
Red sea-bream (Madai)
Scorpion fishes (Kasago)

<table>
<tr><th>Conditions of stomach / Rearing period(hr.)</th><th>empty</th><th>full of shrimps</th></tr>
<tr><td>24</td><td colspan="2" rowspan="2">6.8</td></tr>
<tr><td>48</td></tr>
</table>

この表の結果も胃液は微酸性ないし中性であることを示し，空胃の状態と時間の長短とは関係がない。即ち生体解剖或は麻酔死後の解剖であろうとも胃液のpHはそれ等の方法の差異による影響を少しも受けてはいないようである。

5）胃液中の遊離塩酸の存否に就いて

試料としてマダイ（体長15cm位のもの）数尾分の胃液および内容物を予め炭酸を除去した再蒸溜水で良く洗い出し遠心分離機にかけて固形物を除去し，その上澄液にDimethyl-amino-azobenzeneを添加したが，遊離塩酸の存在を示す赤色の呈色反応は見られなかった。なお，この指示薬の塩酸に対する呈色反応の認知限界を検討した結果は反応液中の塩酸量が約10γ/1ccであった。以上の諸結果を考察するに活魚胃液は微酸性ないし微アルカリ性を示しているが，その死後においては総べて酸性に移行している。参考までに調べた腸液に就いても同様で，アルカリ性を示したものが時間の経過につれてすべて微酸性側に移行した。

而して胃液のpHが空胃の状態でも殆んど中性に近く，餌糧により充胃されると，むしろ微アルカリ性に傾くことは，たとえ食餌摂取の際一部海水が餌糧と共に摂取されることにより影響されることもあるとしても間断なく食餌を求める魚類の食性から考えると，胃の消化作用は本質的に中性前後のpH或はむしろ微アルカリ性の条件下で強力に遂行されつつあるものと考えることは妥当であると思う。そして更に胃液中に遊離の塩酸を検出できなかった事実は上述の諸結果と共に魚胃における蛋白消化酵素系がペプシン系のものでなく，微酸性ないし中性系プロテアーゼであろうと思われる。

而して生体解剖のような刺激により筋肉の異状収縮等の変調が生じ，そのため胃液のpHが悪影響を受けるおそれも充分あるので，麻酔剤を使用して実験を行なったがその結果も全然生体解剖の際の所見と同一であった。この事実は解剖の際，その刺激で腸およびその他の内臓器官から液汁が胃中に異状流入したような現象を否定するものであろう。

なお，この実験の終了した時，MACKAY[14]等の“Eel pout”（ギンポ科，タラの一種）の消化系に関する研究論文を読んだ。これによると，この魚の胃液は中性ないし微アルカリ性を示すことを報告している。そしてそのようなpHを示す原因に就いてMACKAY等はこの魚では他の魚と異なり，その十二指腸から膵液が胃に逆流して，その作用が胃中で持続している特異な消化現象であると考察している。

総　　括

1）活魚（タイ，フグ，ベラ，チヌ，セイゴ，カサゴ，クロダイ，ウナギ等）の胃液のpHは普通中性ないし微アルカリ性を示し，食餌で充胃の状態ではむしろ常に微アルカリ性で空胃の際微酸性（pH 6.4〜6.8）

を示した。

2）マグロにおいても1）と全く同様な結果を示した。

3）魚の死後において胃液の pH は酸性側（pH 6.4〜6.6）に移行する。

4）生体解剖の際麻酔剤使用の有無に拘らず pH に変化はない。

5）上記魚種の胃液中には遊離塩酸は存在しない。

第四章　魚胃液プロテアーゼの至適 pH に就いて

胃液試料は前述と全く同様にして採取した。即ち活魚の胃部を分離切開し，胃内容物および胃壁を再溜水でよく洗い，遠心分離によって固形物を除去してその上澄液を試料とした。基質としてエデスチンおよびカゼインを使用した。使用した魚種は主としてマダイであるが，胃部の分化の程度の低いといわれるカワハギの胃液に就いても実験を行なった。それ等の結果を示すと，第1表，第1図のとおりである。

Table 1. The optimal pH value of the proteolytic activity of gastric-juice of fishes : red sea-bream (Madai).
(Time and temp. of reaction : 24 hrs. ; 35°C : edestine)

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
NH_2-N ($cc \times 10^2$)	5	4	6	7	5	9.6	9	8
Non-protein-soluble-N ($mg \times 10^3$)	130	128	135	130	140	263	369	205

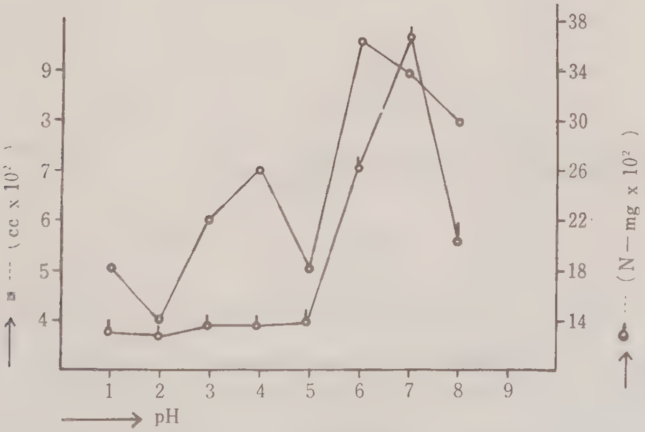

Fig. 1. The optimal pH value of the proteolytic activity of the enzyme solution in gastric-juice.
○ …Amino-N measured
♁ …Non-protein-soluble-N measured

第2表および第2図はカワハギの実験値を示す。

Table 2. The optimal pH value of the proteolytic activity of gastric-juice of fishes : file fish (Kawahagi).
(Time and temp. of reaction : 40 hrs. ; 35°C : substrate : casein)

pH	5	7	8.5
Non-protein-soluble-N ($mg \times 10^3$)	93	206	196

以上の２表の示すとおりに基質から生成されたアミノ態窒素および非蛋白可溶性窒素は pH 6 ～ 7 において最大量を示している。そしてpH 8 および8.5においても尚強力な活性を示しているのである。従って前章に述べた魚胃液のpHはそのプロテアーゼの至適 pH と一致しているということができる。

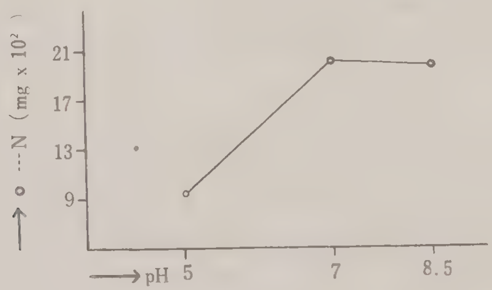

Fig. 2. The optimal pH value of the proteolytic activity of the enzyme solution in gastric-juice.
o …Non-protein-soluble-N measured

総　　括

魚胃液プロテアーゼの至適水素イオン濃度は pH 6 ～ 7 にある。

第 五 章　魚胃液プロテアーゼの至適温度

材料としてタイの胃液を使用し反応液の pHを７として各温度における活性を比較したが，実験結果の１例を示すと第１表および第１図のとおりである。

Table 1. The optimal temperature of the proteolytic activity of gastric-juice of fishes : red sea-bream (Madai).
(Time of reaction : 20 hrs. ; substrate : casein)

Temperature(°C)	5	20	30	35	40	55
Non-protein-soluble-N cc(as N/28 H_2SO_4) $\times 10^3$	60.3	863.5	1105.7	1495.3	1337.3	1274.1

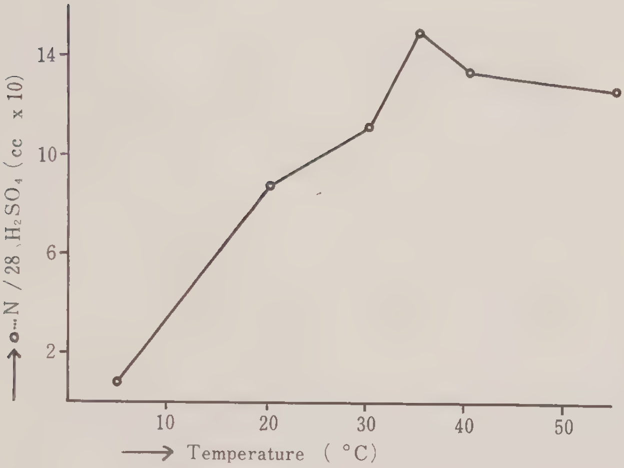

Fig. 1. The optimal temperature of the proteolytic activity of the enzyme solution in gastric-juice.
o …Non-protein-N

上表および上図の結果によれば35°C 附近に最も強い活性が見られる。なお 40°C においても35°C に次ぐ強さを示した。

総　　括

魚胃液プロテアーゼ（マダイ）の至適温度は35°C 附近にある。

第 六 章　魚胃液プロティナーゼのイオン交換樹脂（Amberlite IRC—50H型）による解析

魚胃液プロティナーゼがペプシン類似の酵素であるか否かを検討するため樹脂（IRC—50）によるクロマトグラフィを行なった。

実験及び結果

試料：ペプシン……石津製薬より入手した保証付（U. S. A. 製）の粉末であるがその純度は不明である。この 0.1 g に pH 2 の緩衝液（MCILVAINE）20 cc を添加して 1 時間溶解しその清澄液 1 ccを使用した。

：魚胃液プロティナーゼ……活魚（マダイ…体長 15 cmのもの）を直ちに解剖し胃部を取り出しこれを開いて内部を pH 2.2 の緩衝液でよく洗滌し全洗滌液を遠心分離して澄明にした後全液を使用した。なお使用した活魚は冬期のため空胃の状態であったので食餌からの分解物の混入が考えられず，実験目的にはかえって好都合であったと考えられる。

実験方法を述べると IRC—50 H型を更に pH 4 （MCILVAINE 緩衝液） で平衡に達せしめた 後試料を流し，同一緩衝液で展開を行なって各フラクション（10 cc）に就いてそれぞれ蛋白窒素量および活性の測定を

スペクタル法で行なった。かくして得られたペプシンおよび魚胃液のカラム・クロマトグラムを第1および第2図で示す

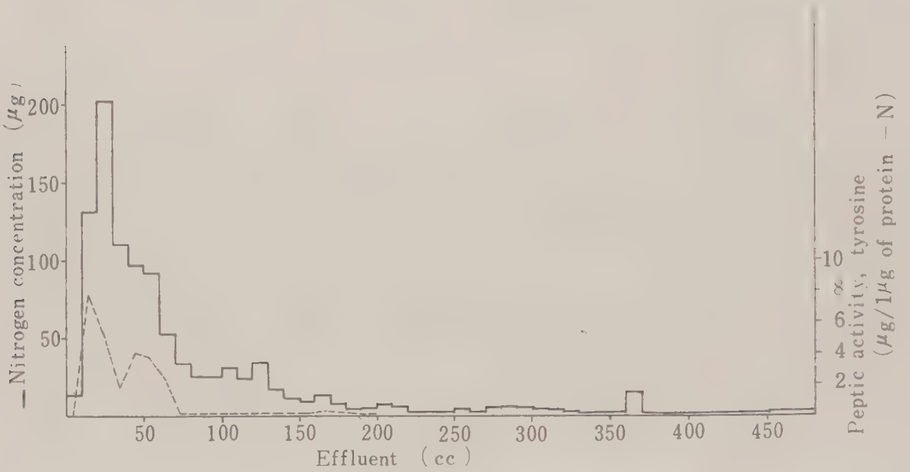

Fig. 1. Showing the column chromatogram of the crude pepsin preparation from mammalian animals by using Amberlite IRC−50 at pH 4.
—Nitrogen concentration of effluent
…Peptic activity, tyrosine μg produced in digestion mixture by protein−N (μg) of effluent.

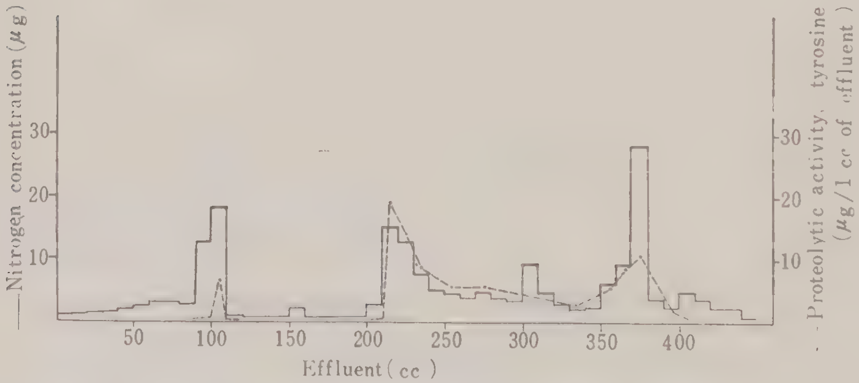

Fig. 2. Showing the column chromatogram of the protease preparation from the gastric−juice of fish (such as red sea−bream).
—Nitrogen concentration of effluent
…The proteolytic activity, tyrosine μg produced in digestion mixture by protein−N (μg) of effluent

第1図によると，その蛋白質は殆んど流出液の 30 cc 前後をピークとして 75 cc までに溶出され，ペプシン活性もこれに一致するが，この中に2つの区分を認めることができた。また 170 cc の所に弱い活性を認めたが，これは前二者に比較すれば非常に弱い。なおペプシン活性の測定 pH は 2.2 および 6 で行なったのであ

るが，活性は pH 2.2 でのみ現われた。

次に第2図によると流出液の 110 cc, 220 cc および 380 cc 附近の 3 ヵ所に蛋白質の大きな区分が出現した。そして pH 6 で測定したところによると最初の区分の酵素活性は弱く第2および第3の区分には相当強い活性が示された。このように酵素活性の出現位置が第1図のいずれとも一致しないことは両試料中の酵素が IRC—50 H型に対する態度に差異を有するために生ずる現象であると考える。さらに活性測定の pH に就いて考えると，魚胃液においては pH 6 で強力な活性をみとめたが，ペプシンの場合と同一 pH 2.2 で行なった場合には活性を全然認めることができなかった。以上の諸事実から魚胃液プロティナーゼは哺乳動物のペプシンとは全然相異なるものであると断定することができる。

総　　括

イオン交換樹脂 (Amberlite IRC—50H型) を使用して魚胃液プロティナーゼの Column chromatogram を求めこれを哺乳動物のペプシンのそれと比較解析し，さらに両者の酵素活性に対する pHの差異から魚胃液プロティナーゼはペプシン系でないことを明きらかにした。

第二編　魚幽門垂プロテアーゼに関する研究

第一章　イワシ及びマグロ幽門垂プロテアーゼの至適 pH

新鮮な魚体より採取した幽門垂を珪砂と共に擂砕しその上澄液を試料とした。反応条件および結果は第1表および第1図のとおりである。

Table 1. The optimal pH value of the proteolytic activity of pyloric caecae of sardine.
(Time and temp. of reaction : 41 hrs. ; 35°C)

pH	4	5	6	8.5	9.5
NH_2-N (mg×10^3)	1669.7	2415.2	4199.9	5308.3	4652.8

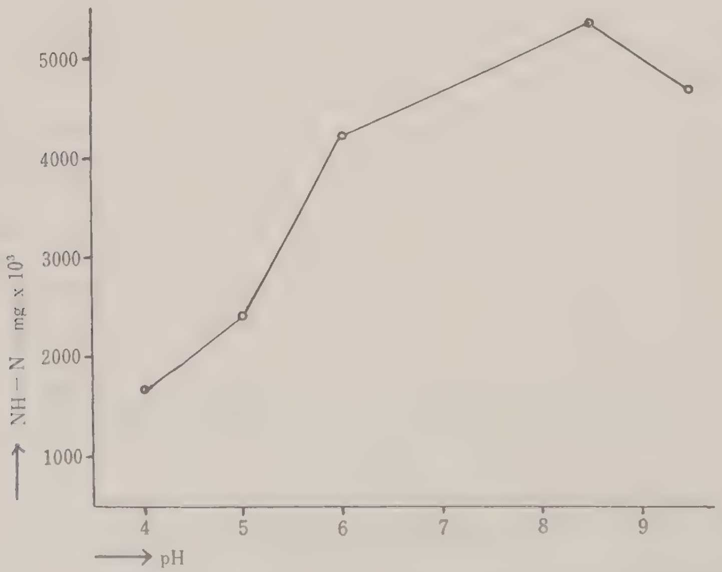

Fig. 1. The optimal pH value of the proteolytic activity of the enzyme solution of pyloric caecae (sardine).

次に同イワシより採取した粉末試料を使用して同様の実験を行なった。反応条件および結果は第2および3表のとおりである。またこれ等を第2図で示す。

Table 2. The optimal pH value of the proteolytic activity of pyloric caecae of sardine.
(Sample : powder 0.1g ; time and temp. of reaction : 41 hrs. ; 35°C)

pH	3.5	5	6	7.5	8.5	9.5
NH_2-N (mg×10^3)	217.1	283.5	297.3	303.3	471.2	419.6

Table 3. The optimal pH value of the proteolytic activity of pyloric caecae of sardine.
(Sample : powder 0.05g ; time and temp. of reaction : 45 hrs. ; 35°C)

pH	2	3	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9
NH_2-N (mg×10^3)	137.4	83.6	167.2	137.4	173.2	209.0	286.7	246.8

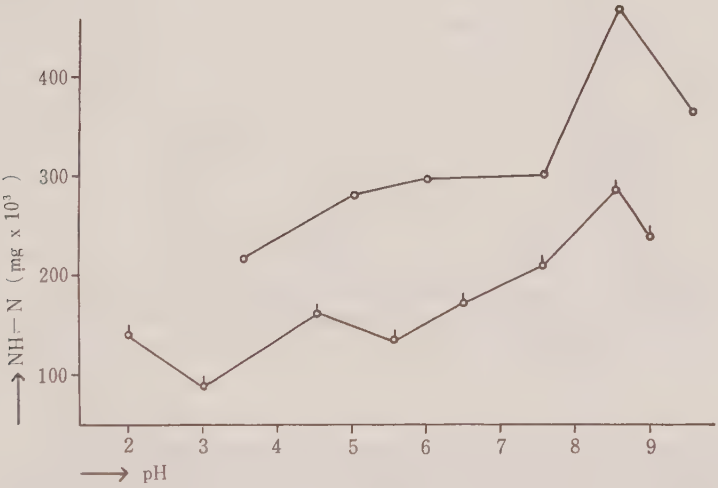

Fig. 2. The optimal pH value of the proteolytic activity of the enzyme solution of pyloric caecae (sardine).
o …Sample used is the powder of 0.1 grams.
ó …Sample used is the powder of 0.05 grams.

反応温度は一応35°Cとし，反応時間を41〜45時間の長時間とした。反応時間が長いことは細菌の汚染および繁殖等のおそれが充分であるため反応液にはすべてトルオールを5cc宛添加し，且つ時々反応液について検鏡を行なったのであるが，細菌汚染の心配は見当たらなかった。

第1及び2表より明きらかなように，生試料を使用した場合も粉末試料を使用した時と同様にそれ等の至適pHは8.5附近であった。大谷・原田[15]等のフグ，サバの幽門垂における実験においてはpH8.5を至適pHとしているが，マグロに関しては未だ報告がない。酵素試料としては粉末0.05〜0.1gに蒸溜水を添加して抽出を行なって全液を50ccとなした抽出液を使用し，その中から5cc宛を5％カゼイン基質にそれぞれ異なるpHで作用させた後，アミノ態および非蛋白可溶性窒素量を測定した。反応時間はイワシの場合と異りマグロにおいては1時間のような短時間とした。第4表および第3図はその1例を示す。

Table 4. The optimal pH value of the proteolytic activity of pyloric caecae of yellow fin tuna.
(Time and temp. of reaction : 1.5 hrs. ; 35°C)

pH	7	8	8.5	9
NH_2-N (cc × 10^2)	8.4	16.0	18.0	12.1
Non-protein-soluble-N (mg × 10^3)	3570	3668	3675	3650

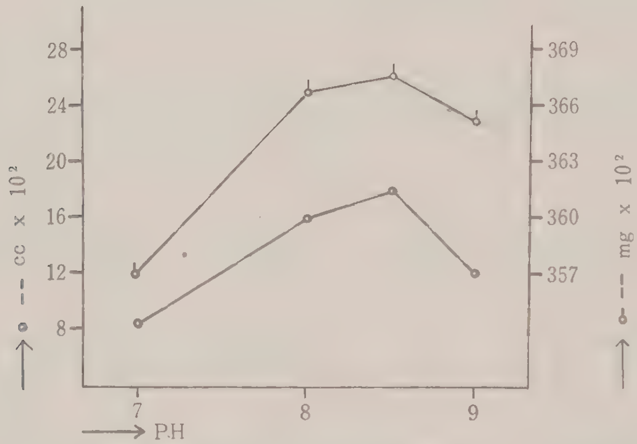

Fig. 3. The optimal temperature of the proteolytic activity of the enzyme solution of pyloric caecae (albacore).
ɗ …Non-protein-N
o …NH_2-N

上表の結果で明きらかなようにマグロ幽門垂プロテアーゼの至適 pH は 8.5 にあることがわかった。即ちイワシ，サバおよびブリのような寒温水帯回遊魚からマグロのような熱帯圏の回遊魚に至るまでそれ等の幽門垂プロテアーゼの至適 pH は同一であることが判明した。

総　　括

イワシおよびマグロ幽門垂プロテアーゼの至適 pH は8.5附近にある。

第 二 章　イワシ及びマグロ幽垂門プロテアーゼの至適温度及びその失活

1）至適温度に就いて

イワシの場合：粉末試料 0.1 g を pH 8.5 に調製した反応液に添加し種々の温度において反応させ生成されるアミノ態窒素を測定して第 1 表および第 1 図の結果を得た。

Table 1. The optimal temperature of the proteolytic activity of pyloric caecae of sardine.
(pH and time of reaction : 8.5 ; 6 hrs.)

Temperature (°C)	5	20	32	35	40	50	60	80
NH_2-N (mg × 10^3)	134	188	267	336	328	239	156	117

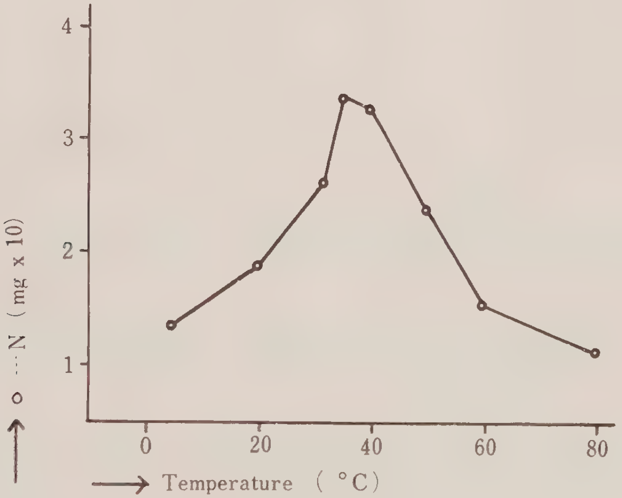

Fig. 1. The optimal temperature of the proteolytic activity of the enzyme solution of pyloric caecae (sardine).
o ···NH_2-N

上表の結果から反応時間が6時間の場合該酵素の至適温度は35°C附近にあるといえる。しかし反応時間が充分短い場合にも同様な結果を生ずるか否かやはり問題になるので，反応時間1時間の実験を行なった。その結果を下記の第2表および第2図に示す。

Table 2. The optimal temperature of the proteolytic activity of pyloric caecae of sardine.
(pH and time of reaction : 8.5 ; 1 hr.)

Temperature (°C)	30	35	40	45	50
N/100 $N_2S_2O_3$ (cc × 10^2)	684.6	675.3	676.5	676.5	676.8

この場合酵素の活性は酵素により生成された非蛋白可溶性窒素量を算出するための N/100 $Na_2S_2O_3$ の滴定数で示した。上表の結果は35°Cにおいて $Na_2S_2O_3$の滴定数が最も少いことを示す。即ち次亜臭素酸により酸化されたNH_3の量が35°C において最も多いことを示している。即ちイワシ幽門垂プロテアーゼの至適温度は 35°C 附近である。

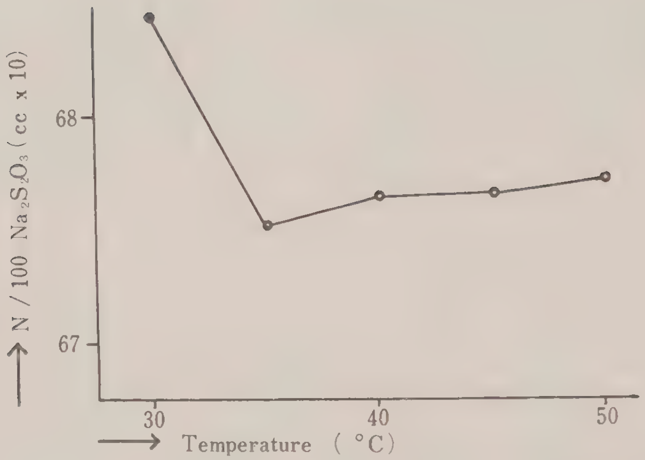

Fig. 2. The optimal temperature of the proteolytic activity of the enzyme solution of pyloric caecae (sardine).

マグロの場合：上記と同様マグロ幽門垂粉末 1 g に pH 8.5の緩衝液 80 cc を添加し 1 時間抽出後分離した液を酵素試料とした。その結果を第 3 表および第 3 図で示す。

Table 3. The optimal temperature of the proteolytic activity of pyloric caecae (yellow fin tuna). (pH and time of reaction : pH 8.5 ; 1 hr.)

Temperature (°C)	35	40	45	50	55	60
Act/1cc of enzyme soln.	13.93	14.98	15.43	14.83	14.80	13.70

Note : Act indicates nitrogen (mg or g) in non-protein soluble compounds which were decomposed from casein by action of 1 cc of enzyme solution.

次に同一酵素試料を使用し温度および時間の変化と活性の関連性を検討した結果を第 4 表および第 4 図に示す。

Table 4. The optimal temperature of the proteolytic activity of pyloric caecae (yellow fin tuna). (Case of the difference of reaction time)

Measurement	Time(hr.) \ Temp.(°C)	40	45	50
Act/1 cc of enzyme soln.	1	22.300	43.200	41.950
	2	44.050	57.575	56.750
	3	54.925	59.725	59.625

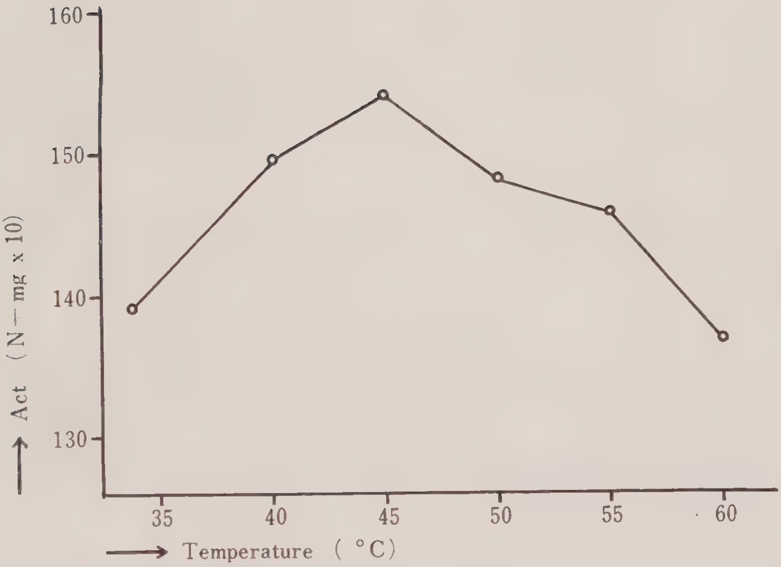

Fig. 3. The optimal temperature of the proteolytic activity of the enzyme solution of pyloric caecae (albacore).

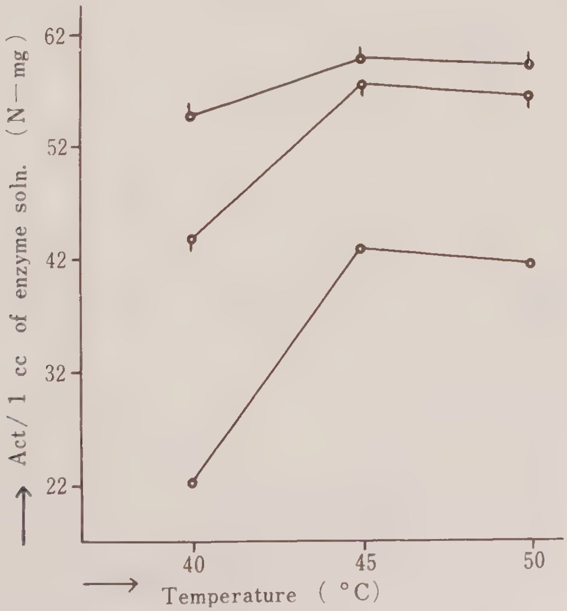

Fig. 4. The optimal temperature of the proteolytic activity of the enzyme solution of pyloric caecae (albacore).

♂ …Reaction time : 3 hours ♀ …Reaction time : 2 hours

○ …Reaction time : 1 hour

第3および第4表の結果はマグロ幽門垂プロテアーゼの至適温度が45°C附近にあることを示す。そして同一温度で作用させた場合作用時間が1,2および3時間と長くなるにつれて分解生成量も多くなる。この関係は40〜45°Cの範囲においても同一傾向を示している。50°Cの場合は45°Cの値に接近した高い値を示した。大谷・原田[15]等のブリ，サバの幽門垂プロテアーゼに関する実験結果はそれ等の至適温度を約40°Cとしたが，著者の場合イワシにおいては35°C，マグロに就いては45°Cの結果を得た。これらの魚類の至適温度がそれぞれ差異を有するものとすれば，いわゆるこれらの魚種の生活環境の水温によって適応的に生ずる差異とも考えられる。

それならば，どのような因子が働いてそのような特性を附与するものであるか，或は又本質的に魚種によりそれぞれ異なる酵素系列のものとも考えられるが，これらの諸点に就いては改めて検討する予定である。

2）失活温度について

粉末酵素試料に蒸溜水を添加後，これを沸騰水中に入れて粉末混合液の温度が95〜97°Cに達してから数分間ほぼ同様な加熱条件をあたえた後直ちに35〜45°Cに急冷してカゼイン基質溶液に添加して一定条件下で反応させた後にそれぞれ反応生成物を測定した。それらの結果を第5，6表および第6図で示す。

Table 5. Effect of heating on the proteolytic activity of pyloric caecae (sardine).
(Time and temp. of reaction : 20 hrs. ; 35°C)

Time of heating (97°C) (min.)	2	3	6
NH_2-N (cc)	0.195	0.175	0.175

Table 6. Effect of heating on the proteolytic activity of pyloric caecae (yellow fin tuna).
(Time and temp. of reaction : 1 hr. ; 45°C)

Time of heating (97°C) (min.)	2	4	6
Non-protein-soluble-N (mg)	8.911	8.254	8.263

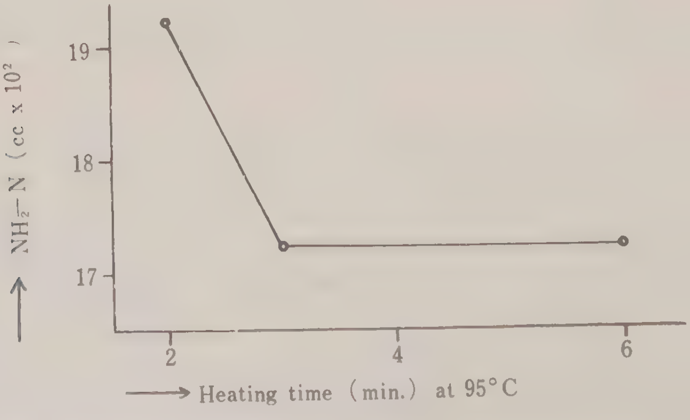

Fig. 5 Inactivation of the proteolytic activity of the enzyme solution of pyloric caecae by heating at 95°C (sardine).

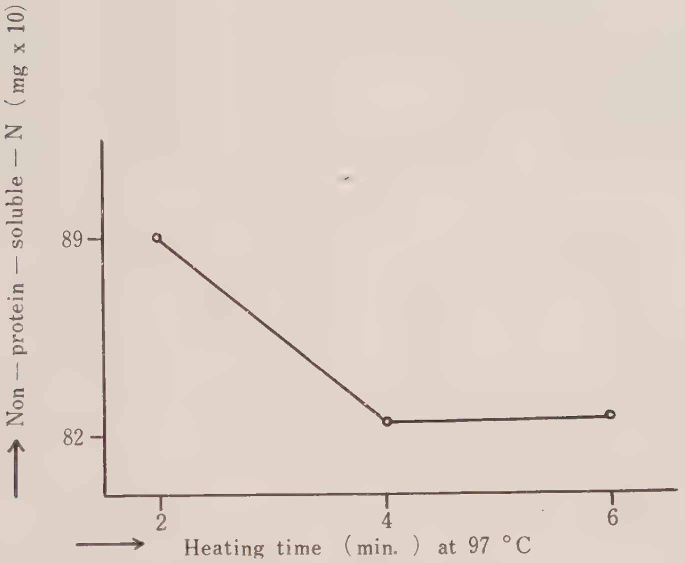

Fig. 6. Inactivation of the proteolytic activity of the enzyme solution of pyloric caecae by heating at 97°C (tuna).

第５，６表および第５，６図の結果を見ると酵素液を95°C以上に加熱した場合その温度で３分以上加熱すると窒素量はいずれも一定値を示すに至る。これはこの程度の加熱により酵素活性が完全に阻止されていることを示している。

総　　　括

１） イワシ幽門垂プロテアーゼの至適温度は反応時間１〜６時間において35°C 附近である。次いで40°C の場合，強い活性を示し，殆んど35°C に劣らない。

２） マグロ幽門垂プロテアーゼの至適温度はイワシのそれより高く45°C 附近を至適温度とした。

３） 両魚種共に該酵素の熱に対する失活温度は95°C〜97°C で３分以上の加熱により完全にその蛋白分解力を失活する。

第 三 章　酸，塩基及び有機溶剤のイワシ幽門垂プロテアーゼに及ぼす影響

１）硫酸添加の影響

この実験は硫酸を添加することにより反応液のpHが低下する場合の該プロテアーゼ活性の変化を検討したものである。

粉末試料0.05gを含む反応液に N/10 硫酸液を１，２，４，６，８および10cc加えてプロテアーゼ活性を測定した。

第１表および第１図はその結果を示す。

Table 1. Influence of sulphuric acid on the proteolytic activity of pyloric caecae (sardine).
(Sample : powder 0.05g ; time and temp. of reaction : 24 hrs. ; 35°C)

Added N/10 H_2SO_4(cc)	1	2	4	6	8	10
pH in reaction soln.	4.7	4.2	3.4	2	1.6	1.4
NH_2-N (cc)	0.09	0.06	0.06	0.03	0.03	0

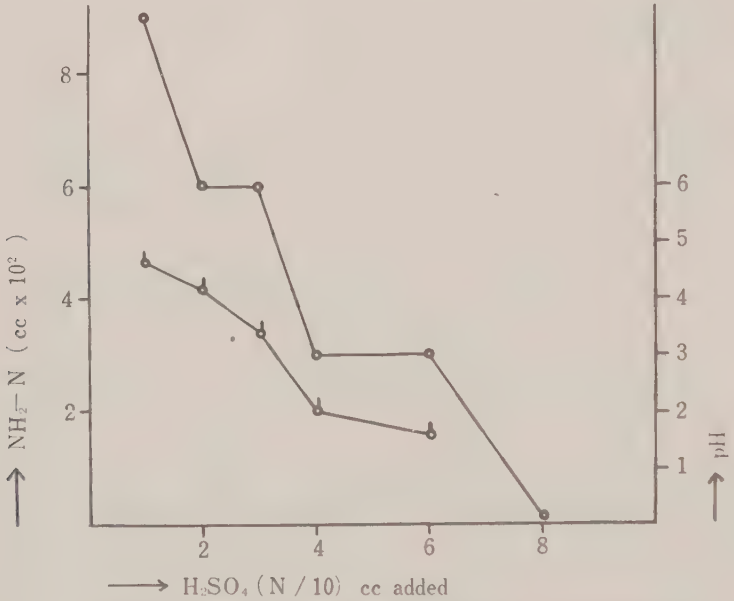

Fig. 1. Showing the inhibition by adding of H_2SO_4 to the proteolytic activity.
ǒ …pH value
o …NH_2-N

上表の結果から pH が1.4以下に低下すると活性は完全に止まることが判った。塩酸に就いても同一結果を得た。即ち酵素活性は陰イオンの種類に関係するよりも水素イオン濃度にのみ関係していると見るべきである。

2）無機塩の影響

a）塩化ナトリウムの影響

反応液中における NaCl の濃度を下表のようにして各濃度における活性を比較した。
第２，３表および第２図はその２例を示す。

Table 2. Influence of NaCl on the proteolytic activity of pyloric caecae (sardine).
(Sample : powder 0.05g ; time and temp. of reaction : 30 hrs. ; 35°C ; pH 8.3).

NaCl (%)	0	5	10	15	25	30
NH_2-N (cc)	0.97	0.61	0.51	0.49	0.38	0.38
Ratio of activity (%)	100	63	53	51	39	39

Table 3. Influence of NaCl on the proteolytic activity of pyloric caecae (sardine).
(Conditions : the same as table 2.)

NaCl (%)	0	1	10	20	30
NH_2-N (cc)	0.62	0.56	0.42	0.33	0.27
Ratio of activity (%)	100	90	68	53	43

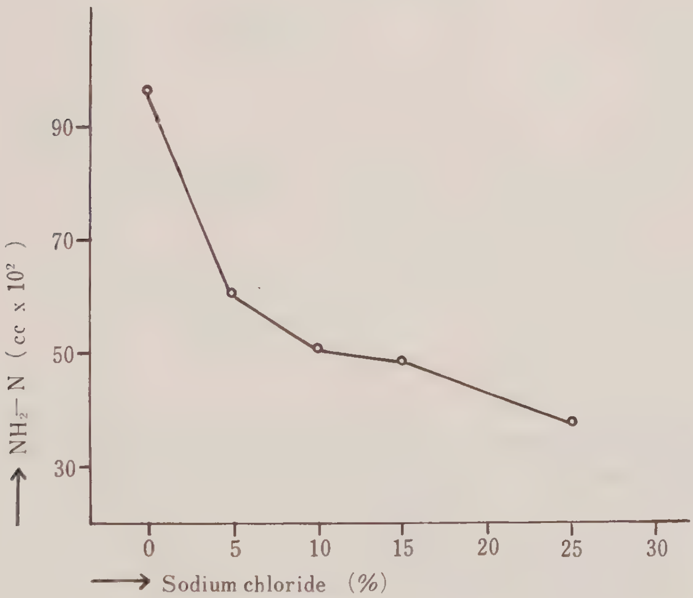

Fig. 2. Showing the inhibition of NaCl to the proteolytic activity.

b）塩化カリの影響

塩化カリを下表のような濃度になした場合における活性と塩化カリの濃度との関係を示すのは第４表および第３図である。

Table 4. Influence of KCl on the proteolytic activity of pyloric caecae.
(sardine : sample : powder 0.02g ; pH and time of reaction : 41 hrs. ; pH 8.3)

KCl (%)	0	5	10	15	20	25	30
NH_2-N (cc)	0.41	0.26	0.23	0.23	0.20	0.18	0.17
Ratio of activity (%)	100	63	56	56	49	44	41

以上の諸表の示すところによれば塩濃度が１％程度の場合プロテアーゼ活性は殆んど影響を受けないが，５％添加では約40％，10％添加では約50％の活性減少を示す。しかして塩濃度がそれ以上増加して25〜30％となっても尚40％程度の活性を保持している。

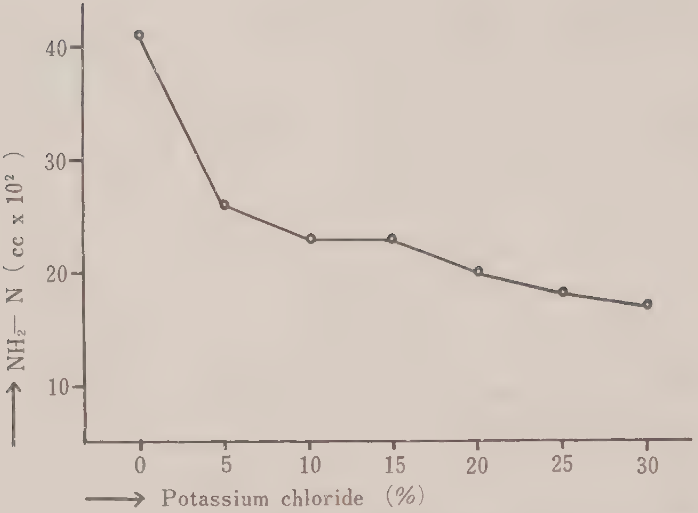

Fig. 3. Showing the inhibition of KCl to the proteolytic activity (sardine).

3）有機溶剤の影響

a）エチルアルコール（EtOH）の影響

EtOH の諸濃度下におけるプロテアーゼ活性を検討した。即ち第5表で示されるような EtOH 濃度において反応を行なわしめその活性を測定した。第5表を図示すれば第4図のようになる。

第5表および第4図に示されるように EtOH の濃度が大となるにつれてその影響が大となる。即ちEtOH 1～3％位では96～90％の活性を保持するが，EtOH 10％では約70％，15％では約50％の活性となり，EtOH の25～30％では活性は無添加のそれの約30％に低下した。

Table 5. Influence of ethyl alcohol on the proteolytic activity of pyloric caecae of sardine.
(Sample : powder 0.02g ; time and temp. of reaction : 44 hrs. ; 35°C ; pH 8.5)

Ethyl alcohol (%) / Measurement	0	1	3	5	10	15	20	25	30
Non-protein -soluble-N (cc × 10^3)	282	272	255	238	204	153	119	93	80
Ratio of activity (%)	100	96	90	84	72	54	42	33.	28

b）アセトンの影響

組織の乾燥粉末製剤を作る場合アセトン処理を行なっているのであるが，アセトンの反応液中における濃度や，その酵素素材との接触時間が酵素の活性に与える影響に就いて明確な報告がないのでこれらの点に就いて検討した。下記の第6表および第5図は反応液中のアセトンの濃度の影響を示し，第7表および第6図は適当の大きさに切断した生の酵素素材を75％より100％に至る各種濃度のアセトン液に5分間浸漬した後，アセトン液を分離し，組織を擂砕し，反応液中に添加し一定時間放置後その活性を測定した成績である。

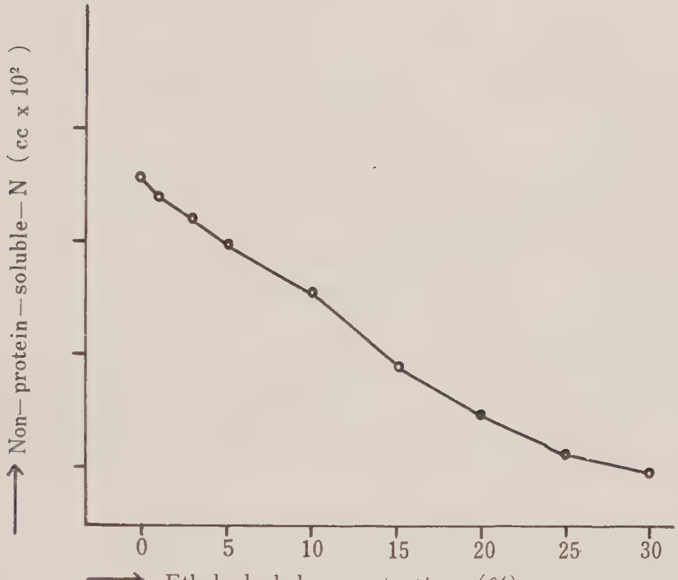

Fig. 4. Showing the inhibition of ethyl alcohol to the proteolytic activity (sardine).

前述のアルコールの場合と同様にバンスライク法によるアミノ態窒素の測定値は過大値を示すので，生成される非蛋白可溶性窒素量を以て活性を示した。第６，７表および第５，６図はその結果を示す。

Table 6. Influence of acetone on the proteolytic activity of pyloric caecae (sardine).
(Sample : powder 0.02g ; time and temp. of reaction : 22 hrs. ; 35°C ; pH 8.0)

Acetone (%)	0	1	3	5	10	15	25	30
Non-protein-soluble-N (cc × 10^3)	188	154	138	137	124	120	104	57
Ratio of activity (%)	100	82	73	73	66	64	55	30

Table 7. Activity of the immersed tissue in acetone of various concentration for 5 minutes.
(Sample : fresh material 1g ; time and temp. : 18 hrs. ; 35°C ; pH 8.3)

Acetone (%)	0	100	95	90	85	80	75
NH_2-N (cc × 10^3)	310	309	309	308	199	163	128
Ratio of activity (%)	100	99.7	99.7	99.4	64.2	52.6	41.3

第６表および第５図の示すところによれば，反応液中のアセトンの濃度が増加するにつれて阻害度を増し，５％濃度で73％の活性を示すが，10〜15％濃度では約65％の活性となり30％アセトン濃度の場合30％の活性に低下した。また第７表および第６図の結果から５分間のアセトン浸漬後直ちに溶剤を除去すると90〜

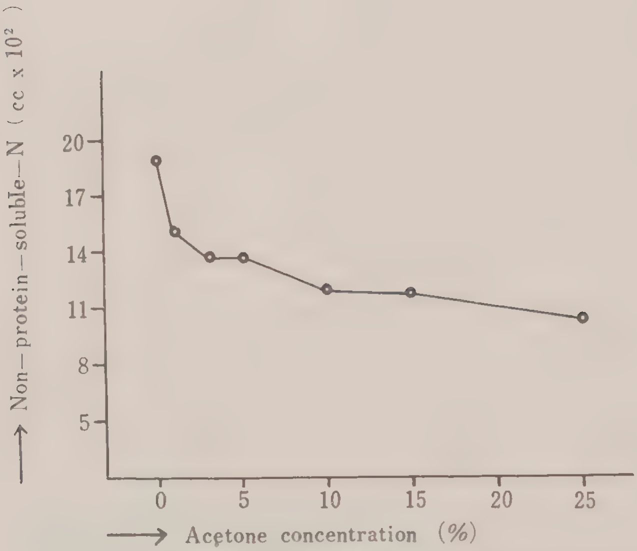

Fig. 5. Showing the inhibition of acetone to the proteolytic activity (sardine).

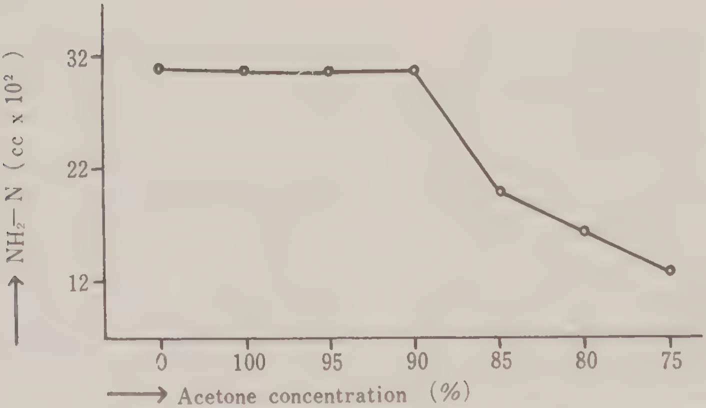

Fig. 6. The losses of protease under the conditions of sample, which immersed in various concentration of acetone.

（註）第7表の実験では浸漬に用いたアセトンは遠心分離により組織より殆んど完全に分離されるものと見なして活性はアミノ態窒 [illegible]

100%アセトン濃度の場合殆んどアセトンの影響を見ないが，85％アセトン濃度の場合，活性は急激な低下を来す。この低下の程度はアセトン濃度の低下と共に著しくなっている。このことはアセトン溶液に溶出するプロテアーゼ量が水分割合の大となるにつれて増大し，従ってプロテアーゼ量の損失に伴う活性低下の結果を示すものであろう。従って乾燥粉末製剤を作る場合，使用するアセトン液の濃度を90％以上にして使用し5分間以内の浸漬処理を行なえばプロテアーゼの損失を殆んど免れることができると考える。

総　　括

1）魚幽門垂プロテアーゼは硫酸のような無機酸を添加してpHを1.4以下にした場合完全にその活性は阻止される。

2）塩化ナトリウム，塩化カリのような無機中性塩を添加した場合その濃度が1％の場合90％程度の活性をなし，10％塩濃度で活性の低下甚しくて60％前後となる。しかし塩濃度がそれ以上増加しても思ったほど活性は低下せず，塩濃度30％のとき尚40％程度の活性を保持する。

3）エチルアルコール，アセトンのような有機溶剤の添加の場合，やはりそれ等の濃度の増加に伴い活性は低下するが，両者の阻害作用はその程度を異にする。エチルアルコールでは3％濃度程度で90％程度の活性を保持するが，15％濃度では50％前後に低下する。しかし30％濃度でも尚30％前後の活性を保持する。またアセトンでは1％濃度で既に80％の活性に低下し，15％濃度では60％程度となり，30％濃度ではやはり前者の場合と同様30％程度の活性を保持した。しかしてアセトン濃度90％以上の液に5分間以内において浸漬した酵素試料では浸漬による酵素の損失は示されなかった。

第四章　魚幽門垂粉末試料より水溶性プロテアーゼの抽出方法に就いて

上述の諸実験においては，できるだけ生体の条件に合致するように生体組織或はそのアセトン・エーテル処理粉末試料をそのまま使用したが，この酵素の本質に関する知見を得るにはより純粋な状態の酵素試料を作ることが必要である。そこで先ず該酵素の抽出に関する2，3の条件を検討した。

a）抽出時間の影響

粉末試料に蒸溜水を加えて50ccとなし，常温で数回振盪しその懸濁液より5〜10cc宛を30，60，120および240分間隔に取り出してそれぞれグラスフィルターを通して混液中の固形物を除去した後清澄液全液をカゼイン反応液に添加して活性を測定した結果は第1表および第1図ならびに第2表の示すとおりである。

Table 1. Relation of the enzyme quantity to the extraction time.
(Kind of fish : sardine ; time and temp. of reaction : 24 hrs. ; 35°C ; pH 8.5)

Time of extraction (min.)	30	60	120	240
NH_2-N (cc)	0.16	0.20	0.22	0.20

Table 2. Relation of the enzyme quantity to the extraction time in case of extraction with distilled water at chamber temperature.
(Kind of fish : albacore ; time and temp. : 7 hrs. ; 35°C)

Extraction time (min.)	30	60	90	120
NH_2-N ($cc \times 10^2$)	48.4	51.0	51.0	50.4

上記2表の結果は次の事を示す。即ち常温で水抽出を行なう場合溶出される酵素量はイワシ，マグロ試料共1時間で一定値に達する。

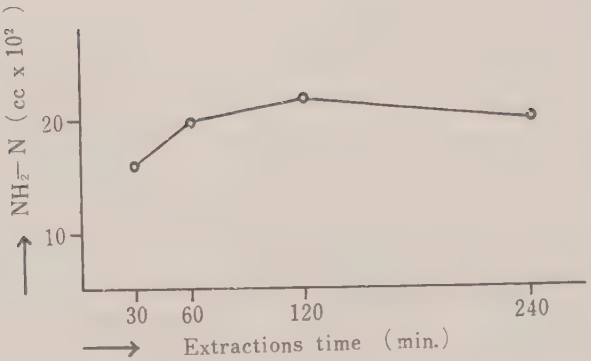

Fig. 1. Showing the relationship between time of extraction and quantity of enzyme.

b）pH の影響

上記の実験においては蒸溜水を抽出剤として使用したのであるが，その場合溶液のpHは約6であった。従ってpHの異なる溶液を抽出剤として使用した場合酵素の抽出量にも差異を生ずることは当然考えられるので，各種pHの緩衝溶液（CLARK a LUBS の燐酸加里－苛性曹達，硼酸－苛性曹達混液使用）の一定量を粉末試料に添加し1時間抽出を行ない，次に遠心分離によって上澄液を分離し，その一部をそれぞれカゼイン反応液に添加し pH 8.5 の条件で反応せしめた。また遠心分離した際の残渣たる固形部を数回洗滌した後そのままカゼイン反応液に添加した未溶出酵素の活性を測定した。

この場合添加した緩衝液の塩の種類およびその濃度の差異が酵素の抽出に及ぼす影響をも考慮すべきであるが，これは後日検討することにしてここでは単にpHの関係のみを考慮することにした。

得た結果は第1表，第1図および第2表で示す。

Table 1. Enzyme quantity extracted at various pH values of buffer solution.
(Kind of fish : albacore)

pH value of buffer solution	5.8	6.8	8.5	8.9
NH_2-N (cc × 10^2)	18.4	21.0	23.4	21.0

Table 2. Relation between the water-soluble protease and the so-called remaining protease.
(Kind of fish : sardine ; time and temp. : 24 hrs. ; 35°C)

pH value of 'extraction	3.5	5.8	8.5	9
Soluble-protease NH_2-N (cc)	0.24	0.26	0.33	0.31
Remaining-protease NH_2-N (cc)	0.03	0.05	0.05	0.04

次に組織に残存する酵素は単に組織の擂砕等の簡単な方法によっては完全に水抽出できないことがある[17]。従って幽門垂の粉末粗剤からどの程度水抽出が可能であるか予め知っておくことは必要である。そこ

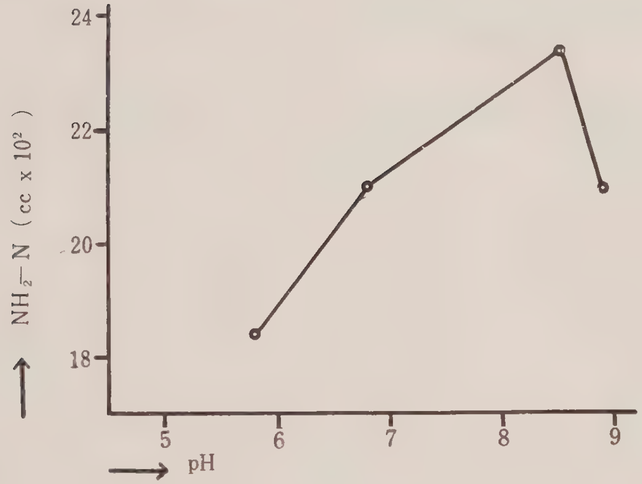

Fig. 1. Showing influence of the pH value on the extraction of the protease.

で粉末試料の0.05 g を各種 pH の緩衝液で 1 時間抽出後遠心分離を行なって上澄液部と固形部を別々にカゼイン反応液に添加してそれぞれの活性を測定比較した。次の第 3 表はその結果を示す。

Table 3. Relation between the water-soluble protease and the so-called remaining protease. (Kind of fish : albacore ; time and temp. 7 hrs. ; 35°C)

Division / Measurement	Liquid portion (Water-soluble protease)	Solid portion (Remaining protease)
NH_2–N ($cc \times 10^2$)	50.0	16.0
Ratio of activity (%)	76	24

第 1 表および 第 2 表の結果で明きらかなように各種 pH溶液による酵素の抽出量は pH8.5のとき最も多い。また第 3 表の示すようにpH8.5における水溶性および未抽出残存プロテアーゼの比は50：16であった。従って可溶性プロテアーゼと残存プロテアーゼの和（全作用力）を 100とすれば可溶性プロテアーゼは76，残存プロテアーゼは24となる。即ち可溶性として全プロテアーゼの76 %が得られたことになる。

総　　括

1）粉末粗試料より常温で水抽出を行なう場合，溶出される酵素量は 1 時間で一定値に達する。

2）各種の異なる水素イオン濃度緩衝溶液で抽出を行なうとき pH 8.5において酵素の抽出量は最も大きい。

3）抽出された酵素量は粉末試料の有する全酵素量の約 76 %であった。そして組織になお 24 %のプロテアーゼが残存することが示された。

第 五 章　該酵素の反応速度恒数に就いて

粉末試料0.1 g を水50 cc で抽出し，その上澄液より 5 cc宛をカゼイン反応液に添加してそれぞれ30，60，

180，360および1,200分間反応させた後一次反応式に従って反応速度恒数を求めた。

第1表および第1図はそれらの実験結果を示すものである。

Table 1. Velocity constant calculated by means of the reaction formula of the first order.

Time of reaction (min.)	30	60	180	360	12,00
NH_2-N in reaction soln. (mg × 10^3)	850.2	1650.4	4251.0	5951.4	11619.4
k × 10^5	237.2	238.6	233.8	181.6	101.1

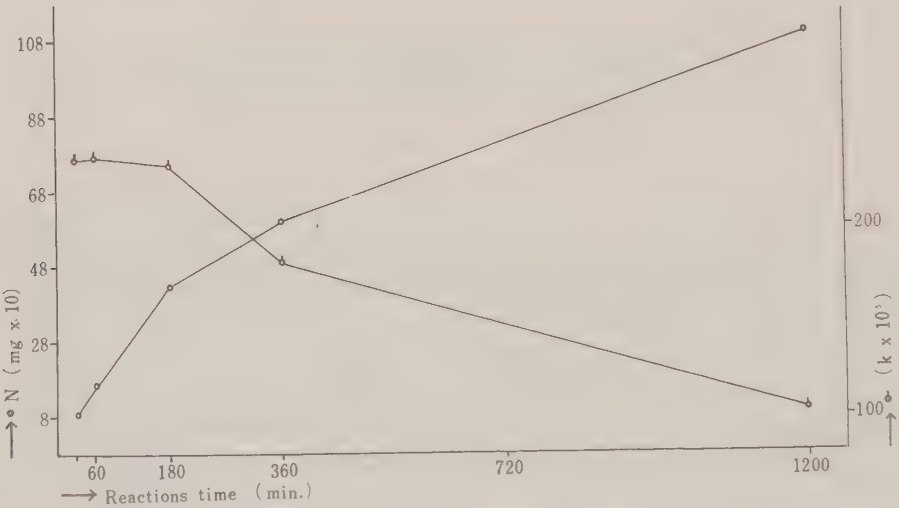

Fig. 1. Showing the relationship between time of reaction and precipitate, and the velocity constant according to the reaction formula of the first order.

∘ …Amino-N

ô …Velocity constant

次に新鮮なイワシ幽門垂 15 g を擂砕し 60 cc の水を加えて浸出し遠心分離を行ないその上澄液 5 ccを反応液に添加し，一定反応時間後それぞれの反応液の NH_2-N を測定して反応速度恒数を算出した。その成績は第2表および第2図のとおりである。

Table 2. Velocity constant calculated by means of the reaction formula of the first order.

Time of reaction (min.)	60	90	120
NH_2-N in reaction soln. (mg × 10^3)	821.86	1020.24	1076.92
k × 10^4	181.9	182.2	170.1

以上の2表の結果を総合すれば反応速度恒数は 90分までは一定値を保ち，それより 180分に至るまではやや低下を示す程度ではあるが，ほぼ前者に近い恒数を示す。しかし360分に至るとかなり低下した恒数とな

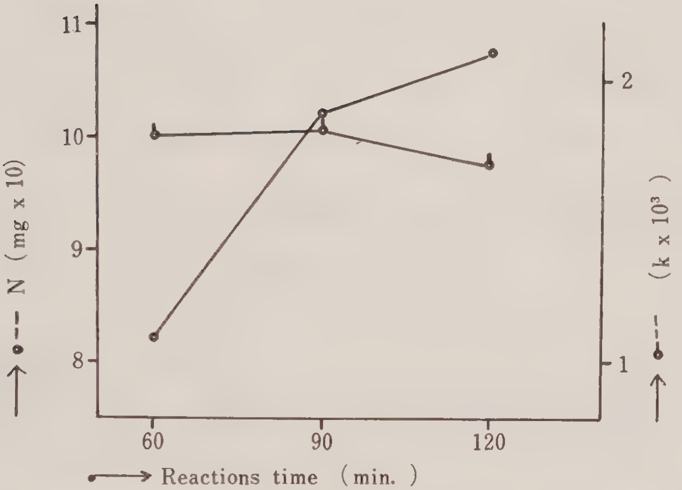

Fig. 2. Showing the relationship between time of reaction and precipitate, and the velocity constant according to the reaction formula of the first order.
○ …Amino-N
♁ …Velocity constant

り1,200分時の恒数値は60分時のそれの½以下となった。 これよりみて反応時間 180分までは一次反応式に従って反応は進行するものであると考えることができる。

総　　括

魚幽門垂プロテアーゼの反応速度恒数を一次反応式に従って算出したところ， 180分位まではほぼ一定値を保持するが，それ以上になると時間の経過と共に減少する。

第 六 章　プロテアーゼに対する硫安の沈澱能及び生成沈澱物の酵素活性

1）硫安の濃度と沈澱生成量

マグロ幽門垂の粗酵素粉末よりの水抽出液の各 5 cc に pH 5.2の緩衝液（MCILVAINE）をそれぞれ 32 cc 宛添加し氷水で冷却した後固形硫安を添加してそれぞれの硫安濃度を ⅓，½ および⅔飽和度になるようにする。直ちに沈澱を生ずるのでこれを濾別しそれぞれの飽和度の硫安液（液温 0 °C）で数回洗滌した後， 5 %の三塩化酢酸液でその濾液に NH_4^+ の反応が消失するまで洗滌する。沈澱を濾紙と共に硫酸分解してその窒素量を測定した（A）。

また別に前記の各種濃度の硫安処理を行なって得た沈澱をカゼイン反応液に添加して一定条件下で作用させた後，三塩化酢酸を添加して酵素作用を止め，未消化カゼインを沈澱させ然る後濾別し，以後（A）と全く同様に処理して得る沈澱を硫酸分解してその窒素量を測定した（B）。

以上の結果を示すと，第 1 表および第 1 図のとおりになる。

Table 1. Precipitate from enzyme solution by adding $(NH_4)_2SO_4$ of various concentration and its activity.

Saturation degree of $(NH_4)_2SO_4$	1/3	1/2	3/5	Non-adding (control)
Content of protein-nitrogen in 1 cc of enzyme soln. ($mg \times 10^3$)	865.0	927.8	1036.0	
Content of nitrogen in indigested casein coagulated by adding CCl_3COOH ($mg \times 10^3$)	5546.5	3423.0	3236.5	3074.6

Note : ……Casein solution added as substrate contains 6.1436mg of protein-nitrogen.

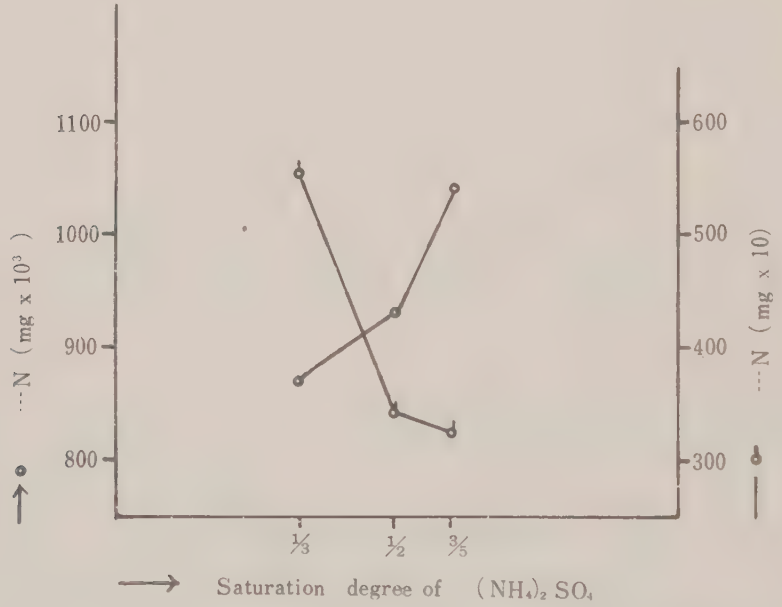

Fig. 1. Showing the precipitate by adding of various concentration of $(NH_4)_2SO_4$ to enzyme solution and its proteolytic activity.

○ ···Protein-N

♂ ···Indigested casein-N

第1表（A）の示すとおり硫安の濃度が増加するにつれて沈澱量も増大しこの実験の範囲では⅗飽和度で最大値を示した。そしてこれらの沈澱中⅗飽和度のものが対照値と殆んど等しくなるような活性を示し⅓のものが最も弱い。また（B）の結果によると（A）の窒素量に比例して未消化カゼイン量は減少し⅗飽和度の場合は硫安無処理の活性（対照）の約95%の酵素力を示した。

以上の事実から酵素蛋白質は⅗飽和度の時最も多く沈澱している。そして全酵素量の95%が沈澱として捕捉されていることは明きらかである。

2）⅗飽和度硫安により沈澱する酵素活性の量

前実験によって⅗飽和硫安濃度の場合全酵素量の95%程度の活性を捕捉できることが判明したが，この窒素化合物の量は抽出溶液中の全蛋白窒素量の何%に相当するかを明らかにするためにこの実験を行なった。即ち三塩化酢酸により沈澱する蛋白窒素量に対して硫安により沈澱する窒素化合物量を比較した。

第2表はその結果を示す。

Table 2. Nitrogen content in precipitate with trichloracetic acid and ammonium sulphate.

Precipitant	$(NH_4)_2SO_4$ saturated to 3/5	CCl_3COOH concentration of 5%
Nitrogen content (mg × 10^3) in 1 cc enzyme soln.	147.12	214.31

上表の示すところによると⅗飽和度硫安による沈澱性窒素量は全蛋白窒素量の約70％であった。

3）硫安（⅗飽和度）沈澱の反復による酵素活性の失活の有無

前実験から1回の硫安処理により原酵素溶液の酵素活性の95％前後を回収し得ることが明きらかとなったが，酵素の精製を行なう場合硫安の反復処理が有利であるか否かの点を追及するためこの実験を行なった。酵素溶液に⅗飽和度になるよう固形硫安を添加して沈澱を生ぜしめ，その沈澱を溶液より分離して完全に$(NH_4)_2SO_4$を除去した後，再びpH 7の緩衝液（MCILVAINE 緩衝液）に溶かして再び元の酵素液量としてその一部を使用して活性および蛋白質量を測定した。残液に就いて再び同様な処理を繰返して沈澱を生成しそれを溶かして元の溶量にして活性および蛋白質量を測定すること上述と全く同様にする。これらの結果は第3表のとおりである。なお実験に用いる溶液はすべて氷水中に浸して0 °C近くにして使用した。

Table 3. Repeating of precipitation by means of adding $(NH_4)_2SO_4$ and its activity.
(Kind of fish : albacore)

Measurement \ Division	Original	1st. ppt.	2nd. ppt.
(A) Nitrogen in 1 cc enzyme soln. (mg × 10^3)	288.5	230.3	243.4
(B) Act/1 cc of enzyme soln.	31.35	30.79	30.87
(C) Act/1 mg of protein-N	108.7	133.7	129.8

第3表の結果によると（A）の実験において1回の処理により窒素量は若干減少する。これは非蛋白窒素および一部の蛋白窒素が沈澱しないことによるものである。従って酵素蛋白質も一部失われるわけで（B）の結果はこれを示している。しかして硫安の処理は1回で充分で，2回処理のものも1回目と殆んど同じ窒素および活性を示し，その活性は原酵素液の約98%を示した。従って又窒素1 mg当りの活性を比較すると（A）および（B）の結果から当然のことながら原液に対し逆に活性の上昇を示した（C）。そして1回および2回処理の両結果も殆んど同一値であると見てよい。以上の結果をまとめると硫安処理により非酵素窒素化合物はかなり良く除去され，その結果窒素1 mg当りの活性は上昇する。且つ硫安はプロテアーゼ活性に対し殆んど阻害作用を示さないし又硫安処理は1回で充分であるといえる。

総　　括

1） ビンナガ幽門垂プロテアーゼに対する硫安の沈澱能を検討したが，pH 5.2で硫安の飽和度を⅓，½および⅗とした場合，⅗飽和度で最も多量の沈澱を生ずる。

2） この条件において全酵素化合物の95～98%が捕捉回収された。

3）硫安による沈澱性窒素量は酵素液中の全蛋白窒素量の約70％であった。

4）硫安の1回の塩析により酵素活性（Act/ 1 mg 蛋白窒素）は上昇を示し，しかも塩析を反復してもその値は殆んど変化しない。即ち塩析は1回で充分であり且硫安は活性に殆んど阻害作用をあたえない。

第七章　アセトンの沈澱能及び生成沈澱物の活性

アセトンは従来酵素の分画および精製等によく使用せられているので著者もアセトンの各種条件下における該酵素の行動につき基礎的知見を得るため実験を行なった。

1）アセトン添加による沈澱生成量及びその蛋白分解酵素活性

粉末粗酵素剤0.5 g を20 cc の pH 8.5の緩衝液（CLARK a LUBS）にて1時間抽出を行なって得られる酵素溶液からそれぞれ3 cc宛を使用してそれらに一定量の蒸溜水およびアセトンを加えてアセトン濃度をそれぞれ30, 50, 60および80 % とするとそれぞれ沈澱を生ずる。同一濃度のアセトン液で数回洗滌した後，沈澱を少量の pH 7 の液に溶かして基質カゼイン溶液に添加して全反応液の pHを8.5 に調製した後所定のように反応させてその活性を測定した。また同時に別に同一条件で作ったそれぞれの沈澱を硫酸分解して窒素量を測定した。以上の実験の結果は第1表および第1図のとおりである。なお酵素の抽出は常温で行なうが，その他の処理は使用溶液をすべて氷水中で 0 °Cとなしたもので操作した。

Table 1. Nitrogen content in enzyme solution precipitated with acetone of various concentration and its proteolytic activity (albacore).

Acetone concentration (%)	30	50	60	80
Nitrogen content in precipitate ($mg \times 10^3$)	106.5	226.3	244.4	618.9
Act/1 cc of enzyme soln. ($mg \times 10^3$)	2968.8	7673.3	9968.3	10288.3
Act/1 mg of protein-N	28.0	33.9	40.1	16.6

第1表の結果から次の事が明きらかである。即ちアセトンの濃度が増大するにつれて酵素溶液よりの沈澱生成量（窒素量）も次第に増大し，この実験条件の範囲では約80％の場合最大量を示した。而して酵素活性もこれに準じてその絶対量が80 %濃度の場合最も大きいことを Act/ 1 cc 酵素液の数値が示している。しかるに 60 % 濃度の場合全窒素量は 80 % のそれの約½程度に拘らず，酵素液 1 cc に対する活性は殆んど同じで，しかも窒素 1 mgに対する活性は逆に 60 % 濃度附近が最も強く，50%および 30 % 濃度の場合がこれにつづき，80 % の場合最低値を示した。以上のことから 80 % 濃度では酵素および酵素以外の蛋白質共に最も多く沈澱することを示す。これに対し 60 % 濃度附近では酵素以外の蛋白質の沈澱量は 80 % 濃度の場合に比べて少なく，且つ酵素の沈澱量は 80 % 濃度のそれに比べて殆んど差のないことを示している。従って Act/1mgN で比較すると 60 % 濃度の場合が最高値を示したことは当然で逆に 80 % 濃度では活性は弱くなり，しかもこの場合最低値であった。

2）アセトンによる酵素の分画

前述の実験から酵素はアセトン濃度によりその沈澱を異にし，且つ不純物蛋白質の量にも変化を生ずることを知ったので更にアセトンによる分画を試みた。即ち一定量の酵素溶液にアセトンを添加して 30 % とし，この時生じた沈澱の酵素活性および窒素量を測定し，次にこの沈澱を除去した濾液に更にアセトンを添加し

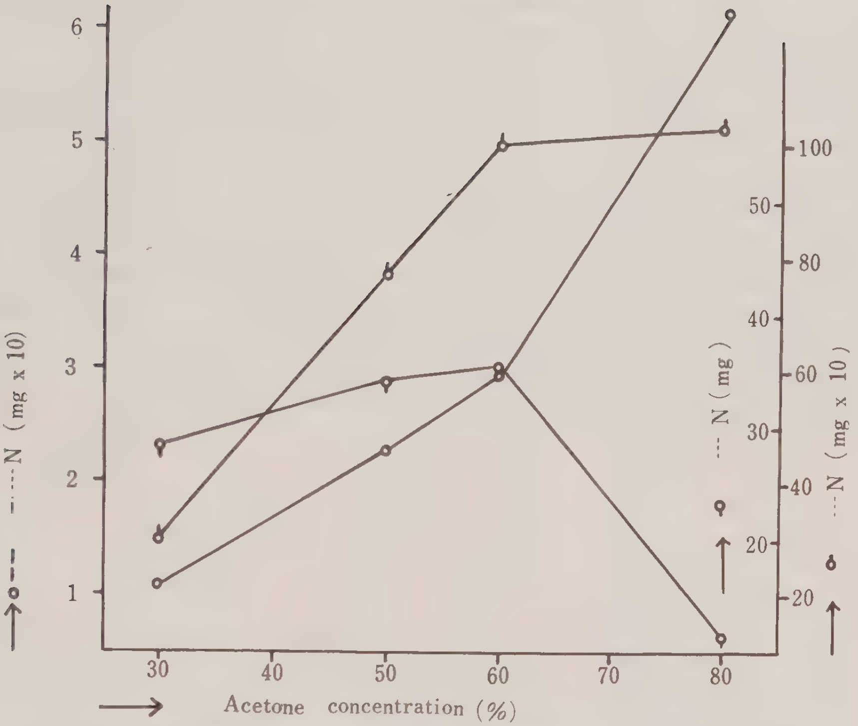

Fig. 1. Showing the precipitate by adding of various concentration of acetone to enzyme solution and its proteolytic activity.
ο …Ppt-compound-N
♂ …Act/1 cc of enzyme soln.
♀ …Act/1 mg of N

て全アセトン濃度を60％とし，生じる沈澱を前回同様に処理して再びその濾液にアセトンを添加して80％とし，生じた沈澱も前二者と同様に処理して得た結果を示すと第2表および第2図のとおりである。

Table 2. Nitrogen content in enzyme solution precipitated with acetone of various concentration and its proteolytic activity (albacorl).

Range of acetone concentration of each fraction (%)	0～30	30～60	60～80
Nitrogen content in precipitate (mg × 10^3)	105.7	114.7	509.5
Act/1 cc of enzyme soln. (mg × 10^3)	3398.8	11171.9	8638.6
Act/1 mg of protein-N	32.2	97.4	16.9

第2表の結果から沈澱物中の窒素量は60～80％分画最も多く，30～60％分画は0～30％分画と殆んど同じで60～80％分画の約¼～⅕に過ぎなかった（A)。しかるにAct/1cc酵素液は30～60％分画最も強く60～80％分画が之に次いで前者の約80％の活性を示した（B)。

また Act/1mgN を比較すると30～60％分画が断然他区を引き離して最高値を示し60～80％分画は逆

に最低値を示した（C）。以上のことから酵素は30～60％分画最も多く60～80％分画がこれに次ぎ，0～30％分画には最も少ない（B）。しかるに酵素以外の蛋白質は60～80％分画が断然多く次に0～30％分画で30～60%分画は最も少ない（A)。したがって（C）のような結果が生じたのであろう。

以上の結果に基づいて更に60％アセトン濃度を中心にしてより詳細な分画実験を行なった。即ち更に細かく10％宛の差異を有する40～50，50～60および60～70％アセトン濃度分画における沈澱生成量およびその活性について測定を行ない第3表および第3図のような結果を得た。

上図表の結果から生成沈澱物は60～70％分画最も多く50～60％分画これに次ぎ，40～50％分画最も少ない。しかるに Act/1cc 酵素液は50～60％分画が最も多いが60～70％分画も殆んどこれに劣らず，40～50％分画ははるかに低い値を示した。しかして Act/1mgN では50～60％分画が最高で40～50％分画これに次ぎ，60～70％分画は最低値を示した。以上のことから50～60％分画と60～70分画に含まれる酵素蛋白質は殆んど同量で40～50％中にはその約½程度が含有されている。しかるに60～70％分画には酵素以外の蛋白質が他分画に比べて非常に多量に含有されているために Act/1mgN は表のような低い結果を示すに至ったのであろう。

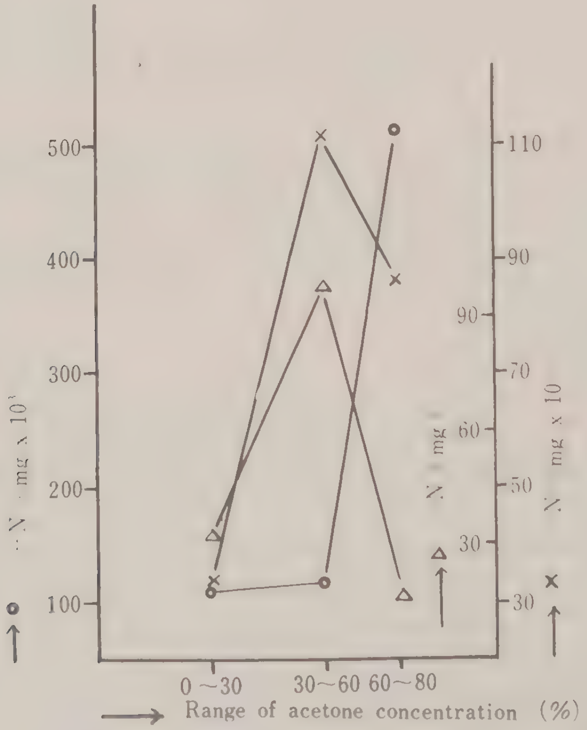

Fig. 2. Showing the precipitate by adding of acetone of various range concentration and its proteolytic activity.

○…Ppt-compound-N

×…Act/1 cc of enzyme soln.

△…Act/1 mg of N

Table 3. Nitrogen content in enzyme solution precipitated with acetone of various concentration and its proteolytic activity (albacore).

Range of acetone concentration of each fraction (%)	40 ～ 50	50 ～ 60	60 ～ 70
Nitrogen content in precipitate (mg × 10^3)	22.9	53.1	83.2
Act/1 cc of enzyme soln. (mg × 10^3)	1868.3	5352.3	5320.4
Act/1 mg of protein-N	84.6	100.8	63.9

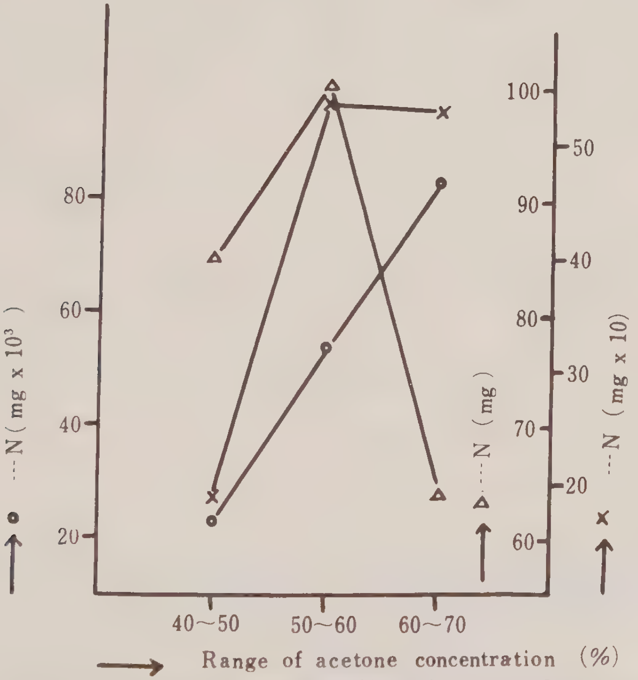

Fig. 3. Showing the precipitate by adding of acetone of various range concentration and its proteolytic activity.
○ ···Ppt-compound-N
× ···Act/1 cc of enzyme soln.
△···Act/1 mg of N

総　　　括

ビンナガ幽門垂粉末粗試料の水抽出酵素液にアセトンを添加して種々のアセトン濃度溶液を作りプロテアーゼの分画試験を行ない次の結果を得た。

1）アセトン添加による酵素抽出液よりの沈澱物の窒素含量はアセトン濃度の増加に伴い増加し実験の範囲では80%で最高値に達した。しかし酵素液 1 cc当りの活性は 60 %および80 % 共に殆んど同値を示し，窒素 1 mg当りの活性は 60 % の場合最高値を示し，次いで50，30 および 80 % の順であった。

2）更にアセトン濃度が40〜50，50〜60および60〜70％の場合における沈澱物の窒素量とそのプロテアーゼ活性の関係を求めたところ50〜60％および60〜70％分画に含まれる酵素蛋白窒素量は等しく，40〜50％分画にはその1/3程度が含有される。しかし60〜70％分画は非活性蛋白質を他分画のそれに比して多量に含有する。従って Act/ 1 mgN は最低値を示した。また40〜50％分画は非活性蛋白質の含有が少ないため酵素の含有が少ないのにかかわらず比活性は相当高い値を示した。

第八章　試料粗酵素標品と市販トリプシン標品（粉末）との活性の比較

マグロおよびイワシ幽門垂をアセトン・エーテル処理し粉末化した粗酵素試料がどの程度の酵素活性を有するかを知ることは特に酵素の純化精製等を行なう場合の基礎データーともなるので，現在市販されているトリプシン製剤（メルク製，白色粉末）とその活性を比較した。即ちそれぞれの粉末試料（0.2 g）にpH 8.5の緩衝液20 ccを添加し常温で1時間抽出し遠心分離により得た上澄液の一部を酵素試料として

Act/ 1 cc 酵素液および Act/ 1 mgN を求めた。

実験の1例を示すと第1表のとおりである。

Table 1. Comparison of the proteolytic activity of pyloric caecae of tuna (yellow fin tuna) and sardine with that trypsin preparation.
(Time and temp. of reaction : 1 hr. ; 40°C)

Measurement \ Sample	Tuna	Sardine	Trypsin preparation
Act/1 cc of enzyme soln. ($mg \times 10^3$)	14417.3	6932.5	12243.5
Protein-N/1 cc of enzyme soln. ($mg \times 10^3$)	262.26	107.16	178.60
Act/1 mg of protein-N	54.97	64.73	68.55

次に両試料のそれぞれ0.05gにpH8.5の緩衝液50ccを添加抽出して稀薄な酵素抽出液を酵素試料としてその20ccを使用して18時間の長時間反応させた。その結果の1例は第2表のとおりである。なおこの場合飽和フラスキン液10ccおよびトルオール5ccを添加して細菌の汚染を防止した。

Table 2. Comparison of the proteolytic activity of pyloric caecae of tuna (yellow fin tuna) with that of trypsin preparation.
(Time and temp. of reaction : 18 hrs. ; 40°C)

Measurement \ Sample	Tuna	Trypsin preparation
Act/1 cc of enzyme soln. ($mg \times 10^3$)	2949.3	2267.8

更に両試料につきpH 5および8.5の条件における活性を比較して第3表の結果を得た。

第1表および第2表の結果から Act/ 1 cc 酵素液はマグロの方が強力であり，これは反応時間が1時間および18時間という長時間の場合にも同一結果であった。しかるに Act/ 1 mgN に就いてはマグロはトリプシン製剤の約80％の値を示した。これはマグロ酵素抽出液の方が蛋白窒素量を多量に含み，しかも非活性

Table 3. Comparison of the proteolytic activity of pyloric caecae of tuna with that of trypsin preparation.
(Time and temp. of reaction : 1hr. ; 40°C)

Measurement	pH \ Sample	Tuna	Trypsin preparation
Act/1 cc of enzyme soln. (mg × 10^3)	5	6037.0	4197.5
	8.5	10302.5	9895.0

蛋白質が多いことを示すもので，勿論この試料に関しては当然の結果である。また反応溶液のpHが活性に及ぼす影響を見るとpH 5の場合，マグロにおいてはpH 8.5の場合の活性の60％を保有した。これに対しトリプシン製剤ではpH 8.5の活性の40％に過ぎなかった。トリプシン製剤は非活性蛋白質を相当除去したものであり，いわゆるトリプシン酵素としての精製を行なったものであるから酸性側ではpHに対し非常に鋭敏に活性の低下を示すものであろう。しかしてマグロの場合酸性側でも相当の活性を有することに就いては，この粗酵素液がいわゆる各種の酵素の混合であって酸性で強く作用するものを含有するのか，或は pH 8.5で強力な活性を示す同一酵素が酸性側でも尚活性を発揮し得るかの2つが考えられる。この点に関しては今後追究する予定である。

またイワシについて述べるとその Act/ 1 cc 酵素液はマグロのそれの½以下であった。これは酵素抽出液中の蛋白窒素がマグロのそれの半分以下という値を示したことからも推察されることである。

実験は両魚種とも同一処理の粉末試料を使用したのであるからマグロの幽門垂はイワシのそれの約倍量の蛋白分解酵素を含有することは明きらかである。しかして Act/ 1 mgN を比べるとイワシの方がやや強く示されたが殆んど同一とみてよい。即ちマグロの粉末試料はその水抽出液中にイワシのそれの2倍以上の蛋白質を含有しているが Act/ 1 mgN の値から考えるとイワシのそれと組成的には同一傾向にあるといえる。

総　　括

1）マグロ幽門垂より作った粗酵素標品よりの水抽出液の活性は1時間および18時間の作用時間においても市販トリプシン製剤（メルク製，白色粉末）より強力であった。しかし酵素液中の蛋白窒素1 mgに対する活性はトリプシン製剤の80％程度であった。

2）イワシの試料に就いても大体マグロの場合と同一傾向であった。

3）pH 5のような酸性においても pH 8.5の場合の60％の活性を保持した。

4）マグロ幽門垂より作った粗酵素粉末はイワシ幽門垂のそれの倍量のプロテアーゼを含有する。しかし水抽出液中の蛋白窒素1 mg の有する比活性は殆んど同じであった。

第九章　マグロ幽門垂プロテアーゼに対する抗菌性物質の影響

プロテアーゼの研究において基質分解の反応時間が短い場合はあまり問題はないが，長時間になる場合には混入細菌の繁殖，従ってその細菌による基質の分解，或は細菌自身がプロテアーゼを分泌する等の危険が考えられる。それ等を防止するため種々の無機および有機薬剤が使用されるわけであるが，魚類プロテアーゼ活性に対する抗菌性剤の影響に就いては未だ研究報告がない。

1）フラスキン Furaskin（5-nitro-2-furfural-semicarbazone）の影響に就いて

フラスキン（F）は防腐剤として水産加工品としては練製品等に混入使用され良い成績を示している。F

の飽和液 10 cc を予めカゼイン反応液に添加したものに酵素液を加えて全反応液を 50 cc（F の濃度：1/20,000）とする。常法のとおり処理して第1表，第1図を得た。勿論すべてトルオール 5 cc宛添加した。

Table 1. Influence of Furaskin (F) on the proteolytic activity of pyloric caecae of tuna.
(Time and temp. of reaction : 24 hrs. ; 40°C)

pH	7	8	8.5
Non-add. F (A), Add. F (50 ppm) (B) } NH_2-N(mg × 10^3)	284.1	404.8	468.6
Decrement of activity	272.3	362.1	402.5
(A)-(B)/(A) × 100	4.0	10.5	14.1

Note : ……Furaskin is a trade name for 5-nitro-2-furfural-semicarbazone.

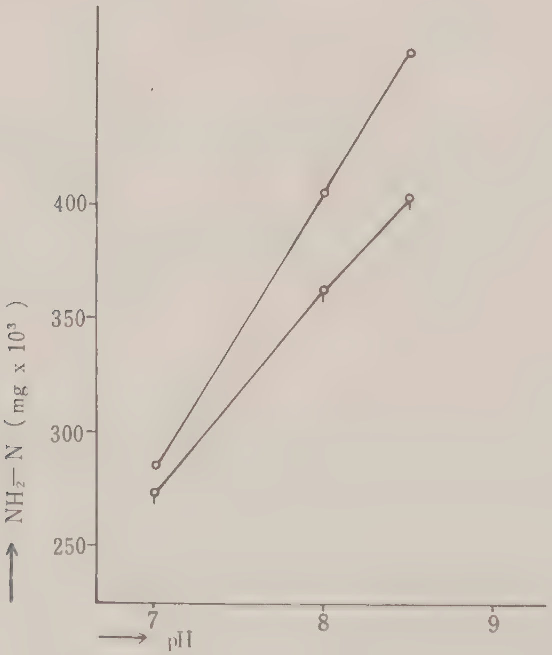

Fig. 1. Influence of 5-nitro-2-furfural-semicarbazone on the proteolytic activity.
○ …Non-added
♀ …Added

第1表から明きらかなように酸性側においてはFの影響は認められなかったが，pH 8～8.5においては添加区は無添加区に比較して約10～14%前後の活性減を示した。しかして無添加区を検鏡したところ細菌の繁殖したような状況は何もなかった。即ちこのことからFはアルカリ側においてプロテアーゼそれ自体に10～14%程度の阻害作用を呈することを示している。

2）オーレオマイシン Aureomycin（Chlortetracycline）の影響に就いて

オーレオマイシン（CTC）は最近魚肉の鮮度保持に使用せられ，その効果が著しいことが認められまた米国等では獣肉保蔵に大量に使用されつつあると聞く。CTC の作用機作に関してはいくつかの研究があり，或は燐の代謝を阻止するとか或は適応酵素の形成を阻止するとかいわれているが，CTC の直接的な作用に就いては未決定である。CTC の作用機作の一面を知る手掛りとしてプロテアーゼに対する CTC の影響を測定することも必要であると考えこの実験を行なった。0.1％ CTC 溶液を反応液に適量添加して反応液におけるその濃度がそれぞれ20，30および 50 ppm になるようにして無添加の対照区とその活性を比較した。なお作用時間を 1 時間の短時間として雑菌の汚染繁殖の危険を除去した。実験結果の 1 例を示すと第 2 表，第 2 図のとおりである。

Table 2. Influence of aureomycin (CTC) on the proteolytic activity of pyloric caecae of tuna.
(Time and temp. of reaction : 1 hr. ; 40°C)

CTC (ppm)	20	30	50	Control (Non-add. CTC)
Non-protein-soluble-N (mg × 10^3)	264.7	190.2	171.7	248.8
Decrement of activity (%)	−6	23.5	30.9	—

Note : ……Aureomycin is a trade name for chlortetracycline.

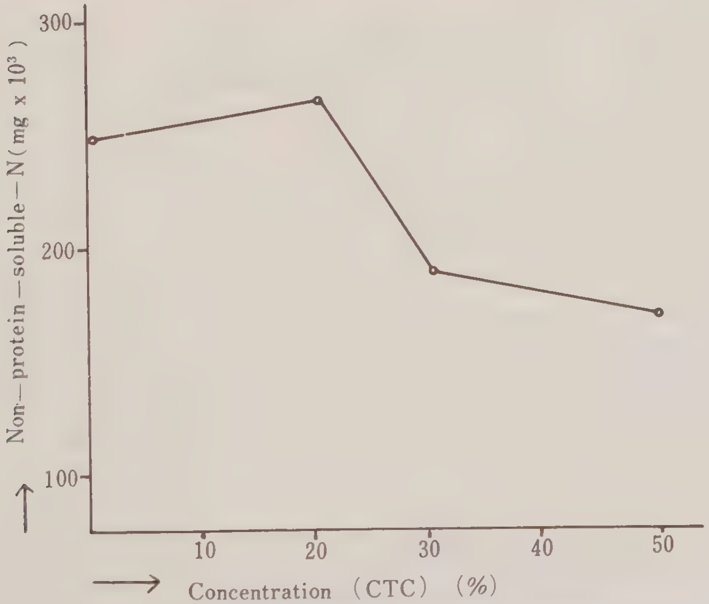

Fig. 2. Infuence of the chlortetracycline on the proteolytic activity.

第 2 表の示すところによると 20 ppm のような低濃度の場合短時間のためか殆んど悪影響が見られず逆に僅かながら活性の増加を示した。30 ppm 以上の濃度になると相当強く抑制的影響をあたえた。即ち 30 ppm の場合約24％減，50 ppm の場合約31%減を示した。上述のように 2 種類の抗菌性物質のプロテアーゼ活性に対する抑制的影響は両者に対する実験条件（反応時間等）が異なるので厳密な意味での比較はできないが，

CTC の方がプロテアーゼに対して強く阻害作用を呈することは明きらかである。

総　　括

1）フラスキン，オーレオマイシンのような抗菌性製剤の魚幽門垂プロテアーゼに対する影響を見るに，フラスキンの場合濃度50 ppm，24時間の作用時間で pH 8.5のとき約14％の阻害作用を示すが pH 7 では僅かに 4％減であった。これに対し，オーレオマイシンの場合反応時間 1 時間で pH 8.5では濃度30 ppm で約24％，濃度50 ppmでは実に31％の阻害作用を示した。しかし20 ppmでは逆に僅かながら活性の増加がみられた。

第十章　Tonerde Cγ に依る酵素蛋白質の吸着

Tonerde Cγ（Ortho aluminium hydroxyde γ）の調整

Willstätter[16]法により調製した。即ち $(NH_4)_2SO_4$ 100 g と20％アンモニア液 215cc を溶かしている溶液3.25 *l* を60°C に温めこれに水 500cc にアンモニウム－明礬 340 g を溶かして熱したものを一度に加え 60°C に保ちつつ強く撹拌し液温は60°Cに保ちこれに水 2 *l* を加えて沈殿させ以後傾斜法によって洗滌し，第4回目の洗滌の際に20％アンモニア水 40 cc.を加え更に傾斜法を10回以上繰返して容量を200 cc とした。

1）Cγ の吸着能に対する pH の影響

粗酵素抽出液（5 cc）にCγ10ccおよび緩衝液（pH 5，7 および 8.2）を添加して後更に pH をよく規正して撹拌吸着（5分間）を行なわしめた後遠心分離して上澄液を分ち，更にそれぞれの pH の緩衝液 5 cc を添加して洗滌し，洗滌液を上澄液に合して pH を 8.5 となしそれぞれの液量を同量（30 cc）となし，その 5 cc 宛をカゼイン反応液に添加して活性を測定する。同時に別に 5 cc を硫酸分解して全窒素量を測定すると共に蛋白窒素量をも測定した。得た結果は第 1 表，第 1 図のとおりである。なお酵素の活性測定条件は液温45°C，pH 8.5で反応時間 1 時間である。

Table 1. Influence of the pH value on the adsorption capacity of tonerde Cγ.

pH value at adsorption	5	7	8.2	Control (Non-add. Cγ)
Total-N/1 cc of supernatant (mg × 10^3)	491.10	521.18	524.13	594.08
Protein-N/1 cc of supernatant (mg × 10^3)	34.31	66.27	72.85	149.44
Act/1 cc of enzyme soln.	10.467	12.370	12.469	13.372
Act/1 mg of total-N	21.3	23.5	23.7	22.5
Act/1 mg of protein-N	305.0	186.7	171.0	89.5

第 1 表の結果を見るに，対照試料中の蛋白窒素量は総窒素量の約25％である。しかして吸着処理により各 pH 区分における未吸着の蛋白窒素量の割合は未処理の蛋白窒素量を100とした場合 pH 5：26.3％，pH 7：44.3％，pH 8.2：48.8％となる。即ち吸着された蛋白窒素量の割合は pH 5 において最も強く74％が吸着され pH 7 において56％となり pH8.2 では約 50％強となった。しかも吸着性の弱いアルカリ側においても50％程度の吸着力を示している。（この事実は次の第 2 表の結果とよく一致する）。また上澄液中の非蛋白窒素量（総窒素量－蛋白窒素量）は各 pH区分とも同一数値を示した。即ち非蛋白窒素化合物は Cγ により殆んど吸着されないことを示すものである。

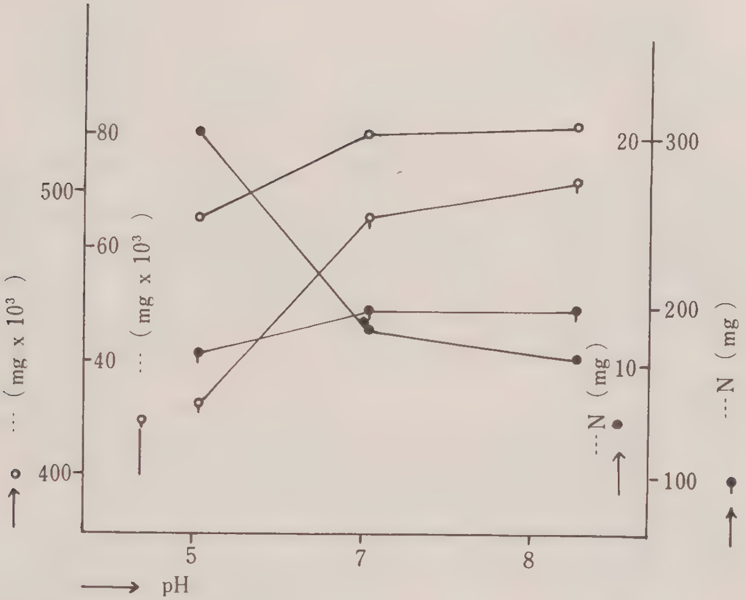

Fig. 1. Influence of the pH value on the adsorption of tonerde Cγ.
○ …Total-N/1 cc of supernatant
♀ …Protein-N/1 cc of supernatant
● …Act/1 mg of protein-N
⚲ …Act/1 cc of the enzyme soln.

しかして各区分の Act/1cc 酵素液および Act/1mg 総窒素量を比較するのにいずれも対照区の値にくらべて大差がないが Act/1mg 蛋白窒素の値を比較すると，各区分の力価は対照区の値に比べて pH5 において約3.4倍，pH7において約2.1倍，pH8.2において約2倍の値を示した。この事実は各区分の上澄液中の蛋白窒素含量と考え合わせると次のような事実を示すものであろう。即ち pH5 で吸着された蛋白質は非酵素態のものが多く酵素蛋白質は少ない。従って上澄液中に残る蛋白質の大部分，或は相当部分は酵素蛋白質である。そして pH7 においては吸着された非活性蛋白質および酵素蛋白質の割合が pH5 の場合ほどではないが，やはり前者の吸着量が多いことを示し pH8.2 のアルカリ性では酵素蛋白質の吸着量も非活性蛋白質と同じように吸着されるようである。即ちアルカリ側では Cγ の吸着は選択性を示さずあらゆる蛋白質を吸着することを示している。

2）Cγ の量的関係に就いて

Cγ を使用してプロテアーゼの吸着を完全に行ない得るかどうかを実験した。それぞれ一定量のプロテアーゼ溶液に Cγ 量を異にして添加し反応液の pH を8.2となし一定時間（5分間）振盪吸着を行なった後，

Table 2. Adsorption of protease by means of tonerde Cγ.
(Time and temp. of reaction : 7 hrs. ; 40°C)

Sample No.	1	2	3	4	5	6
Added Cγ (cc)	1	2	4	6	8	10
NH_2-N (cc)	0.74	0.70	0.58	0.54	0.48	0.02

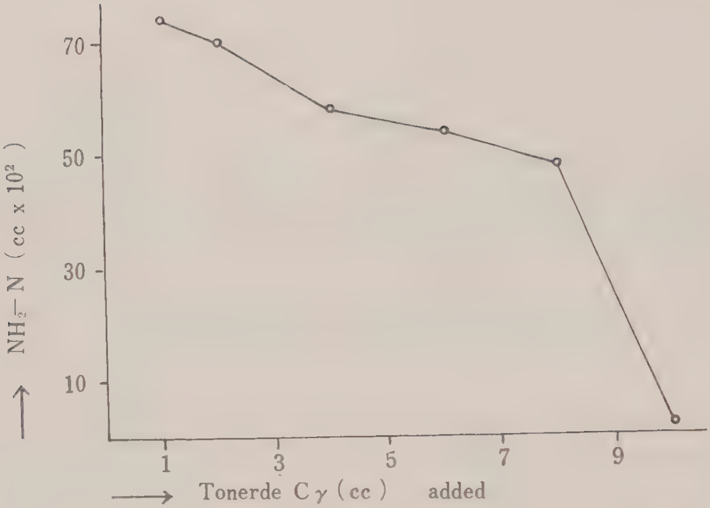

Fig. 2. Adsorption of the protease by using tonerde Cγ at various pH value.

遠心分離して得た上澄液全量をカゼイン反応液に添加して pH を8.5に規正し常法のとおり反応させた後反応液の NH_2-N を測定して第2表および第2図の結果を得た。

上表の結果は Cγ の増大するにつれてプロテアーゼの吸着量も増大し，この実験では 10 cc の添加の場合殆んど完全に吸着されたことを示す。

3）酸性で Cγ の吸着を繰返した時の活性に就いて

酸性（pH 5）において Cγ で吸着操作を繰返した場合の酵素液中の蛋白窒素量の変化とプロテアーゼ活性の関係を求めた。酵素抽出液に Cγ一定量を加えて pH 5 に規正して吸着を行ない，その上澄液を使用して蛋白窒素量および活性を測定し残液に再び同上の操作を繰返して同一測定を行なう。このようにして4回吸着を繰返した時の実験結果の一例を示すと第3表，第3図のとおりである。

なお吸着処理を行なった酸素液は pH8.5 の緩衝液を使用して処理直前の容量にもどした後その活性を測定して比較に便ならしめた。

Table 3. Increase and decrease in activity of protease by repeated using of tonerde Cγ at pH 5.

The repeating number of adsorption	1	2	3	4
Protein-N/1 cc of enzyme soln. (mg × 10^3)	235.68	86.40	38.88	38.88
Act/1 cc of enzyme soln.	29.98	14.53	12.13	12.27
Act/1 mg of protein-N	127.1	168.1	312.0	315.5

4）アルカリ性で Cγ の吸着を繰返した時の活性に就いて

次にアルカリ性溶液（pH 8.2）で上記と全く同様な方法で吸着を繰返した場合の関係を求めた。方法は上述と全く同様である。第4表，第4図はこの結果を示す。

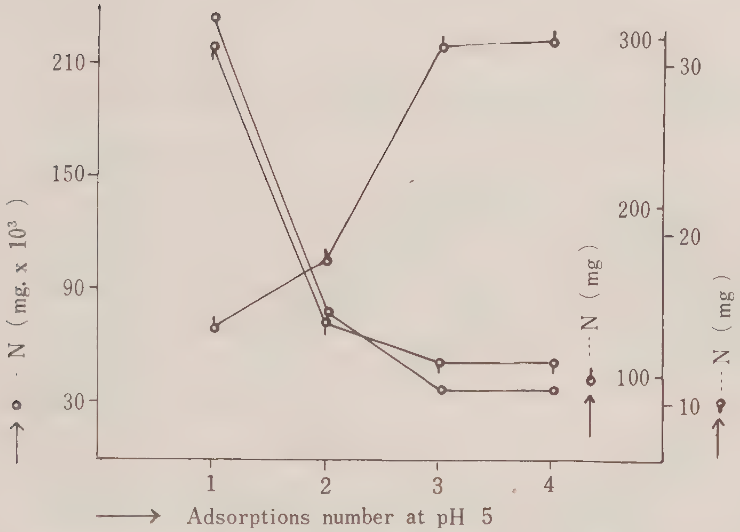

Fig. 3. The repeating effect of adsorption of the protease by using tonerde Cγ at pH 5
∘ ···Protein-N/1 cc of enzyme soln.
♀ ···Act (N-mg)/1 cc of enzyme soln.
♂ ···Act (N-mg)/1 mg of protein-N

Table 4. Increase and decrease in activity of protease by repeated using of tonerde Cγ at pH 8.2.

The repeating number of adsorption	Non-treatment	1	2	3
Protein-N/1 cc of enzyme soln. (mg×10^3)	463.68	330.24	237.60	133.76
Act/1 cc of enzyme soln.	30.21	15.19	7.73	0.11
Act/1 mg of protein-N	65.1	46.0	32.5	0.40

第3表，第3図の結果は pH 5 で吸着を繰返すとき，1，2 および 3 回の処理によりその都度処理前の蛋白質の約½が吸着により減少するが，しかし 4 回目には 3 回目と同じ値になったことを示した。しかして Act/1 cc 酵素液を見るに 3 回迄は漸次減少するが，3 回および 4 回処理の値は殆んど同値であった。そして Act/1 mg N は吸着回数を重ねるにつれて逆に 2 倍，3 倍と上昇し 3 回処理で 5 倍の力価を示し，しかも 4 回処理も殆んど同値を示した。この Act/1 mg N の値は第 1 表の pH 5 における値とよく一致するものである。これらのことから酸性（pH 5）で吸着される蛋白質は非酵素蛋白質の割合が多く，従って回を重ねるにつれて Act/1 mg N の値は逆に上昇を示すものといえる。しかして 3，4 回と吸着操作を繰返すにつれて吸着され難い蛋白質のみが残存することになり，従ってその場合酵素液中の蛋白質量および Act/1 mg N が同値を示すことになったものと考えることができる。以上のことから pH 5 における Cγ の吸着に際しては吸着され難い酵素蛋白質が液中に残存する。更に第 4 表，第 4 図を見るにアルカリ側（pH8.2）において吸着を繰返す場合，吸着の回数を重ねるにつれ残存する蛋白質も漸減する。しかしてこれに従って Act/1 cc 酵素液および Act/1 mg N も漸減する。そして等 4 回目においてはその活性は殆んど消失した。しかるになお液中には蛋白態窒素が相当みとめられるが，これは比較的僅少な酵素蛋白質が吸

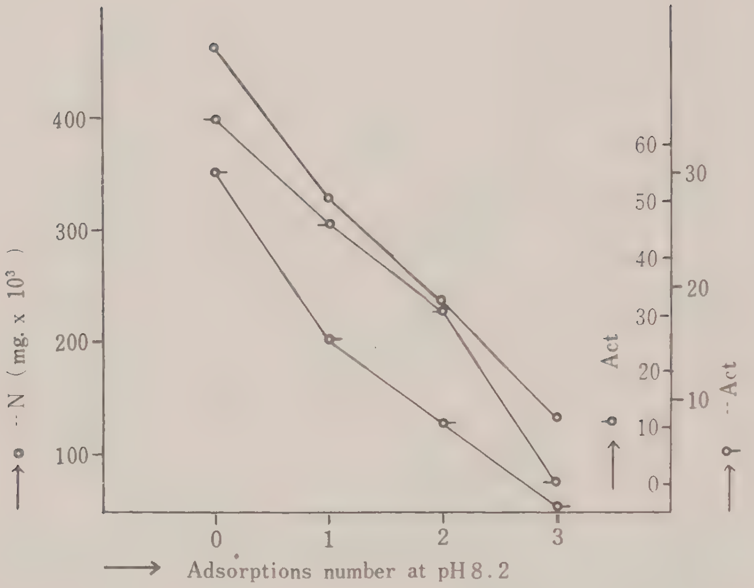

Fig. 4. The repeating effect of adsorption of the protease by using tonerde Cγ at pH 8.2.
○ …Protein–N/1 cc of enzyme soln.
○- …Act (N–mg)/1 cc of enzyme soln.
-○ …Act (N–mg)/1 mg of protein–N

着されつくしてもなお残存する非酵素蛋白質であろう。以上の事から pH 8.2 における Cγ の吸着に際しては酵素蛋白質は比較的よく吸着され，この実験（第4表）では Cγによる吸着処理4回にして殆んど完全に吸着された。

総　　　括

1）水酸化アルミニウム（Cγ）の各種 pH 5，7および8.2による蛋白質の吸着率は pH 5 の場合最も多く，次いで pH 7，pH 8.2の順であった。

2）上記のようにして吸着処理した場合，その上澄液の Act/1 mg 蛋白窒素は pH 5 において最も高く，次いで pH 7 および pH 8.2の場合の順となった。この事実から pH 5 において吸着された蛋白質はその大部分は非活性蛋白質であり最も多く，反面 pH 5 で最も難吸着性である酵素蛋白質の存在することを示している。そして吸着の pHが微酸性から微アルカリ性に移行するにつれて吸着される蛋白質量は減少するが酵素蛋白質の吸着量は多くなる。

3）非蛋白窒素化合物は Cγによっては殆んど吸着されない。

4）酸性（pH 5）で Cγ による吸着を繰返すことによって蛋白窒素は相当吸着された。しかして Act/1 mg蛋白窒素は吸着処理を繰返すごとに上昇したが，或回数に至って殆んど一定値に達した。即ち pH 5 で吸着され難い酵素蛋白質が存在することを示した。

5）pH 8.2において蛋白質の吸着を Cγ により繰返すと，回を重ねるにつれて蛋白窒素量は減少し，同時に Act/1 cc 酵素液および Act/1 mg 蛋白窒素も共に減少する。即ちこの pH の条件では酵素蛋白質はよ

く吸着され，$C\gamma$ の量を充分使用すれば殆んど完全に吸着できることを知った。

第十一章　$C\gamma$ に吸着された酵素蛋白質の溶離に対する pH の影響

1）pH 5 で吸着された蛋白質の溶離

それぞれの $C\gamma$ 10 cc に酵素液の一定量および pH 5 の燐酸緩衝液 10 cc を添加して更に pH をよく規正した後攪拌吸着を行ない遠心分離により上澄液を分離した。更にこれを pH 5 の緩衝液で水洗し，液部を除去した後，それぞれの $C\gamma$ 部に pH 7 および 8.2 の緩衝液 10 cc を添加して pH をよく規正した後，攪拌溶離を行ない遠心分離して液部を分ち更に洗滌を繰返して液部をそれぞれ合併した。しかる後各区分の pH を 8.5 にして全液量を同一量（この場合 14 cc とした）となし，その一部（5 cc を使用して活性を測定し残液の一部で蛋白窒素量を測定した。その結果を示すと第 1 表（a，b）のとおりとなる。また第 1 表（b）を図示すると第 1 図のようになる。

Table 1a. Influence of the pH value on the elution at pH 5 from adsorbed $C\gamma$.

pH at elution	7	8.2	Control (Original soln.)
Protein-N/1 cc of supernatant ($mg \times 10^3$)	40.699	61.750	139.40
Act/1 cc of supernatant	5.039	5.346	6.361
Act/1 mg of protein-N	123.8	86.5	45.6

Table 1b. Influence of the pH value on the elution at pH 5 from adsorbed $C\gamma$.

pH at elution	6	7	8.2
Protein-N/1 cc of supernatant	12.2	35.3	55.9
Act/1 cc of supernatant	8.352	3.093	5.780
Act/1 mg of protein-N	684	87.7	40.3

上表（a）の結果から pH 7 では約29.2％，pH 8.2では44.3％の蛋白窒素量が溶離されていることになる。しかして pH 8.2 の溶離においては酵素および非活性蛋白質が pH 7 の場合に比較してよく溶離され，前章第 1 表の pH 8.2 における吸着量は約 50％ であるから吸着された蛋白質は殆んど溶離されたことになる。そして Act/ 1 mg 蛋白窒素を見るに無処理のそれの約 2 倍を示した。しかして pH 7 における溶離は pH 7 における吸着率を44％とすれば不充分で，なお吸着されている蛋白質を相当残しているということになるが，溶離された蛋白質は酵素態のものが多いということは Act/ 1 mg 蛋白窒素が無処理のそれの約 3 倍近くに上昇していることから明きらかである。更に（b）表より pH 6 における Act/ 1 mg 蛋白窒素は pH 7 のそれの約 8 倍，pH 8.2のそれの約17倍に達した。以上の結果は酵素蛋白質で pH 5 ～ 6 において最も難吸着性或は易溶離性であるものが存在することを示すものであろう。

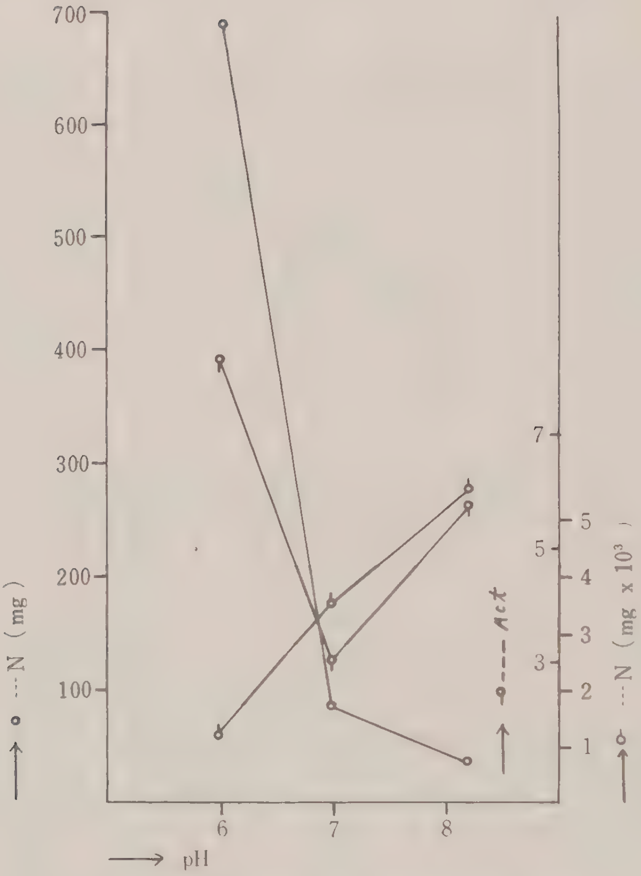

Fig. 1. Influence of the pH value on the elution from the protein-adsorbed tonerde Cγ (sdsorption at H5)
o …Act (N-mg)/1 mg of protein-N
o …Protein-N/1 cc of supernatant
o …Act (N-mg)/1 cc of supernatant

2）pH 8.2 で吸着された蛋白質の溶離

酵素液と Cγ の吸着時の pH を8.2として吸着を行なった後上澄液を除去し Cγ-吸着物にそれぞれ異なる pH の緩衝液を添加して振盪抽出を行ない，再び遠心分離して上澄液を分ち pH を8.5とした後これをカゼイン反応液に添加し反応させて生じた NH_2-N を測定して第2表および第2図の結果を得た。

Table 2. Influence of the pH value on the elution from adsorbed Cγ at pH 8.2.
(Time of reaction : 18 hrs.)

pH at elution	3	4	5	6	7	8.2	8.5
NH_2-N (cc)	0.04	0.28	1.14	0.64	0.68	0.01	0.18

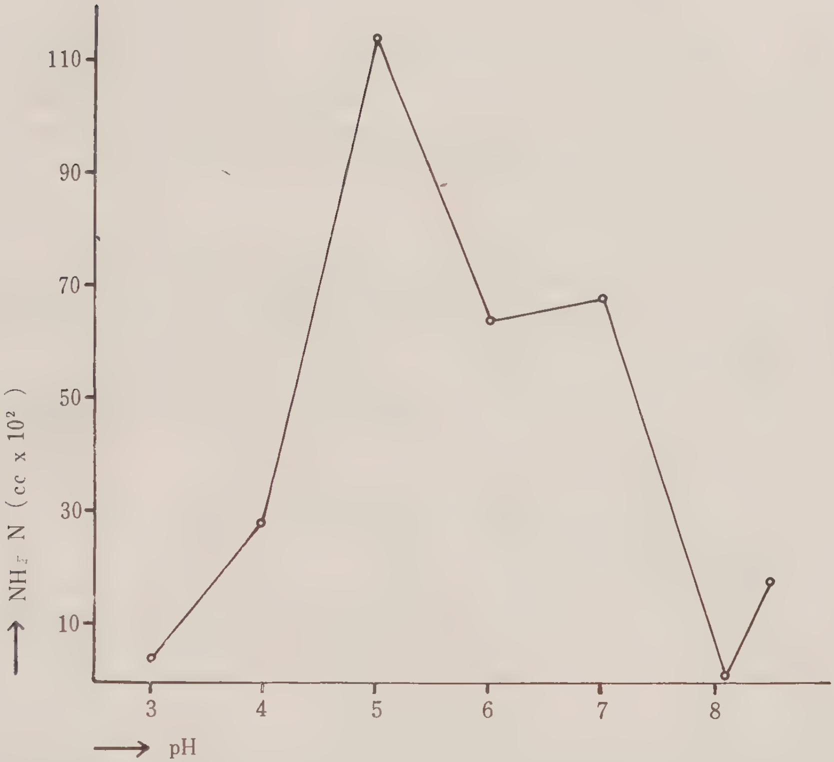

Fig. 2. Influence of the pH value on the elution from the protein-adsorbed tonerde Cγ (adsorption at pH 8.2)

即ち第2表の結果から pH 5で生成した NH_2-N が最も多い。このことは pH 5で溶離される蛋白質は酵素態のものが多く，しかも他のいずれの pHの場合よりその割合が多いことを示すものであろう。即ち pH 5 では酵素蛋白質は最も易溶離性であることを示し，これは前述の実験結果ともよく一致するものである。これに次いで pH 6 および 7が良好であるが，pH 5 のそれの半分程度である。pH 3 の場合は pH 8.2の場合を別としてその他の pHの場合に比べて甚だ少ない値を示した。即ちこの pHでは殆んど溶離はできない。

また pH 4 の場合は pH 5 の場合の約 ¼ の溶離を示した。

総　　括

Tonerde Cγ に吸着された酵素蛋白質および非活性蛋白質の溶離の条件 (pH) を検討した。

1) pH 5 において吸着処理の場合，溶離は pH 6 の場合最も多く，しかも酵素蛋白質が非活性蛋白性のそれに比べて非常に多い。pH 7，8.2となるにつれて蛋白質の溶離量は多くなるが，非活性蛋白質量が増大するため窒素量 1 mg 当りの比活性は減少する。

2) pH 8.2において吸着された酵素蛋白質は pH 5 において最もよく溶離される。これに次いで pH 6 および 7 の場合の順であった。

第十二章　魚プロテアーゼよりの精製標品とトリプシン結晶との活性比較

上述の諸実験結果から $(NH_4)_2SO_4$，アセトン処理によりかなりプロテアーゼの力価が高められ，更に水酸化アルミニウム（Cγ）による吸着溶離処理により非活性蛋白質の除去が可能である見通しを得たので，これらを組合わせて精製を行ないその精製品を試料としてトリプシン結晶（商品名：トリプシリン…Trypsilin…持田製薬製品）の活性と比較を行なった。

魚プロテアーゼの精製方法を述べると粗酵素試料の水抽出液に $(NH_4)_2SO_4$ 処理を行ない更にアセトン処理を行なってその40～70％範囲で沈澱する区分を集めこれをpH 7の水に溶かし，これにCγを加えてpH8.2となし吸着を行なう。次に遠心分離により吸着部と未吸着部（上澄液）に分かち，吸着部にはpH 5の緩衝液を加えて溶離を行ないその酵素区分を E_5 とし，未吸着（上澄液）にCγを添加してpH 5で吸着を行なった後，Cγ吸着部をpH8.2で溶離してその酵素区分を $E_{8.2}$ とする。トリプシリンの至適pHは7にあることを知ったので，そのpHで反応温度を45°Cにして測定を行なった。以上それぞれの試料の活性測定結果を示すと第1表のとおりである。

Table 1. Comparison of the activity of refined protease preparation from pyloric caecae with that of crystalline trypsin (as Trypsilin).
(Time and temp. of reaction : 1 hr. ; 45°C)

Measurement ＼ Division ＼ Sample	Refined protease preparation E_5	Refined protease preparation $E_{8.2}$	Crystalline trypsin (Trypsilin) T
Act/1 mg of protein-N	519.8	451.4	132.3
Act/1 cc of enzyme soln.	23.7	27.1	30.4

Note : E_5 shows refined protease preparation eluted at pH 5 from tonerde Cγ adsorbed protease.
$E_{8.2}$ shows refined protease preparation eluted at pH 8.2 from tonerde Cγ adsorbed protease.

上表によれば，E_5 および $E_{8.2}$ の力価はいずれもAct/1 mg蛋白窒素においてトリプシン結晶のそれより強力な値を示した。また E_5 と $E_{8.2}$ を比較すると，窒素1 mg当りの活性は E_5 が大であった。

総　　　括

マグロ幽門垂粉末の水抽出液を硫安，アセトン処理しTonerde Cγにより吸着溶離を行なって得た精製プロテアーゼの活性を市販の結晶トリプシリンのそれと比較した。その結果は次のとおりである。

1）アルカリ性（pH 8.2）吸着→酸性（pH 5）溶離により得たプロテアーゼ試料（E_5）および酸性吸着（pH 5）およびアルカリ性溶離（pH 8.2）により得たプロテアーゼ試料（$E_{8.2}$）共に市販のトリプシリン結晶の活性（Act/1 mg 蛋白窒素）より強力な活性を示した。

2）E_5 と $E_{8.2}$ では E_5 の方がやや活性が強い。

第十三章　Tonerde Cγ の反復吸着処理とプロテアーゼの活性

硫安およびアセトン処理により魚プロテアーゼのAct/1 mg蛋白窒素は結晶トリプシリンの活性にほぼ匹敵する力価を有するようになり，更にCγ吸着処理により数倍の強力なものを得る見通しがついた。またCγ

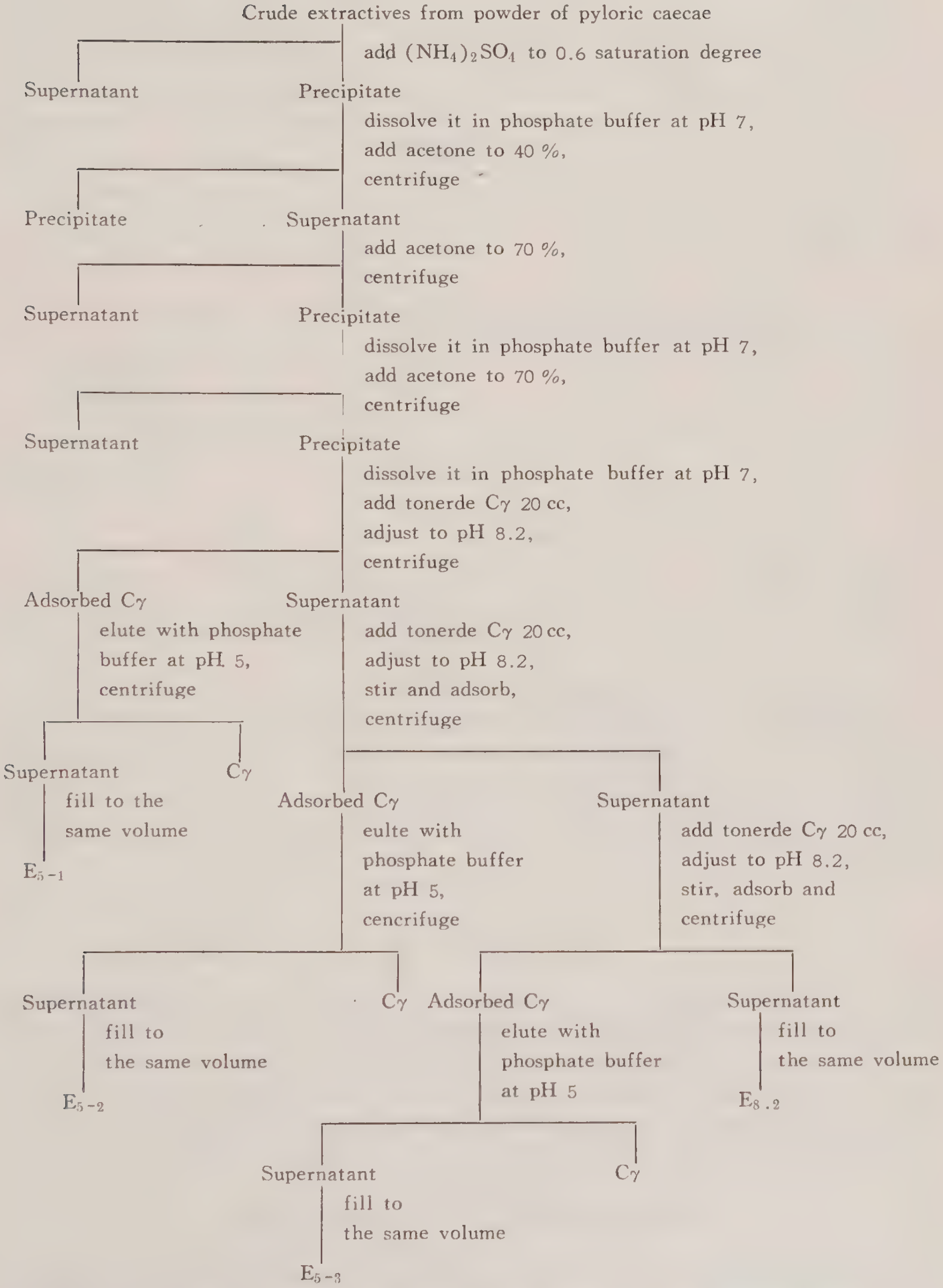

Fig. 1. The repeating adsorption of the protease on the tonerde Cγ and its proteolytic activity. (Adsorption at pH 8.2 ; elution at pH 5)

の吸着条件においては非活性蛋白質の除去の目的からいえば前述の種々の実験結果から，吸着をアルカリ側で行ない溶離を酸性（pH 5）で行なえば比較的純度の高い酵素溶液が得られそうである。そこで粗酵素抽出液を硫安，アセトンで処理することは前述の如く行ないそのアセトン濃度（40～70 %）分画の沈澱の水溶液に Cγを加え pH 8.2で吸着を行ない遠心分離し，その上澄液に Cγ を更に添加し pH 8.2で吸着を行なった後遠心分離を行なうこと全く第 1 回と同様にして，同一処理を 3 回繰返して得られた Cγ吸着部には pH 5 の緩衝液を添加し溶離を行なう。かくして得られた溶離液を E_{5-1}，E_{5-2}およびE_{5-3}とし，最後の上澄液を $E_{8.2}$とする。これらはいずれも pH 8.5に調製し，すべて同一容量とし，しかる後活性を測定した。その処理方法を示すと第 1 図のようになる。

また活性測定の結果は第 1 表のとおりである。

Table 1. The relation of repeating of adsorption with tonerde Cγ to the proteolytic activity.
(Condition : adsorption at pH 8.2 ; elution at pH 5)

Division \ Measurement	E_{5-1}	E_{5-2}	E_{5-3}	$E_{8.2}$ (Original)
Total-N/1 cc of enzyme soln. (mg)	0.5098	0.1991	0.1212	1.2698
Protein-N/1 cc of enzyme soln. (mg × 10^3)	11.736	8.848	5.924	40.212
Act/1 cc of enzyme soln.	10.3896	8.3117	6.0894	13.4006
Act/1 mg of total-N	20.4	41.7	50.2	10.6
Act/1 mg of protein-N	885.3	939.4	1027.9	333.2

Note : The number such as 5−1, 5−2,……shows the repeating of adsorption with tonerde Cγ.

第 1 表の結果をみると Act/1 mg 蛋白窒素は E_{5-3} が最も高く E_{5-2}，E_{5-1} がこれにつづく。そして $E_{8.2}$は 3 回の吸着を繰返したにもかかわらず，なお333.2という高い活性を示したことは pH8.2において酸性の場合と同じように吸着され難い酵素蛋白質が存在することを示すものであろう。この事実は第十章 2）の実験結果と一見相返するように見える。しかしこれは決して矛盾するものではなく，本来酵素蛋白質は Tonerde Cγ に対し易吸着性ではないこと，しかし被吸着物に対する Cγ の量を非常に増大するとき殆んど完全に吸着されることを示すものである。

総 括

硫安およびアセトン処理を行なったマグロ幽門垂プロテアーゼ溶液に Tonerde Cγ を添加し pH 8.2で吸着を行ない，Cγ部を分離し上澄液に更に新しい Cγを添加し吸着を行なうこと第 1 回と全く同様にして総計 3 回吸着処理を行ない，それらの吸着試料を pH 5 で溶離した酵素試料をそれぞれ E_{5-1}，E_{5-2}およびE_{5-3}とし，また 3 回吸着処理後の上澄液を$E_{8.2}$とし各試料について Act/1 mg 蛋白窒素を測定したところE_{5-3}が最も強く約1,030の活性を示しE_{5-2}はこれに次いで約940，E_{5-1}が約890で $E_{8.2}$は約330であった。

第十四章 魚幽門垂プロテアーゼの精製に就いて

前述の各章において硫安、アセトンによる酵素蛋白の沈澱生成能を検討しこれらを使用してその活性がそれぞれ一定値を示す酵素液を得ることを知った。そして該酵素に対する Tonerde Cγ の吸着性は選択性を示し酸性側においてもまたアルカリ性側においても完全吸着は簡単ではないことを知った。しかしそれと同

Sample
Powder (2g) of pyloric caecae

- add with buffer solution (40cc) of pH 8.5 and extract, centrifuge
- fill up with distilled water to 40 cc and measure the activity by using of one portion of the solution
- adjust to pH 5 ; add with $(NH_4)_2SO_4$ to 0.6 saturation degree

Supernatant (1) | Precipitate (1)

Precipitate (1):
- dissolve in phosphate buffer solution (pH 7)
- fill up with dist. water to 40 cc,
- add with acetone to 40 %

Precipitate (2) | Supernatant (2)

Supernatant (2):
- add with acetone to 70 %

Supernatant (3) | Precipitate (3)

Precipitate (3):
- dissolve in buffer solution (pH 7) and fill up to 40 cc,
- add with acetone to 70 %

Supernatant (4) | Precipitate (4)

Precipitate (4):
- dissolve in buffer solution (pH 7) and fill up to 40 cc,
- measure the activity by using of one portion of solution.
- adjust to pH 8.2 and add with tonerde Cγ 20 cc (0.7g. as Al_2O_3),
- agitate during 10 minutes and centrifuge

Supernatant (5) | Protease-adsorbed Cγ

Protease-adsorbed Cγ:
- add with buffer solution of pH 5 and elute

Tonerde Cγ | Elution (6)

Elution (6):
- measure activity by using of one portion of elution,
- lyophyle

White powder

Fig. 1. The preparation of the powder having the powerful proteolytic activity.

時に非活性蛋白質をも選択的に吸着する性質があることを知ったので，これらの事実を組合せて酵素蛋白質の純化ができることが考えられる。よって次の方法により該酵素の純化を行ない，活性が原酵素液の有する活性の約13倍に達しAct/ 1 mg 蛋白窒素が 1,400以上の白色粉末を得た。即ち魚幽門垂粉末よりの水抽出液（一部の溶液で活性測定…A）に硫安を加え$\frac{3}{5}$飽和となし，生ずる沈澱を pH 7 の水に溶かした後これにアセトンを加えて40％飽和となしその際生ずる沈澱を除去した後濾液にアセトンを添加して70％となし，生ずる沈澱を分離しこれに pH 7 の少量の水を溶かし再びアセトンを加えて 70％とする。かくして生ずる沈澱を pH 7 の燐酸緩衝液（10倍稀釈）少量に溶かし（一部の液で活性測定…B）これにCγ 20cc（Al_2O_3として0.7 g）を添加して pH を 8.2に調製し，10分間吸着操作を行なった後遠心分離して Cγ吸着部を分離しこれに pH 5 の緩衝液を加え，更によく pH 5 に調製して溶離を行ないその溶離液について活性を測定した（C）。

精製方法を図示すると第 1 図のとおりである。

第 1 図に示す方法で精製を行なった場合，活性の変化および収率の計算を行なったが結果は次のようになった。

Table 1. Increase in the activity according to refined process of protease and their yields.

Refined process / Measurement	Extractives with water from crude enzyme preparation	Preparation treated with acetone two times	Preparation eluted at pH 5 from adsorbed Cγ
Act/1 mg of protein-N	113	202	1477
Yields (%)	100	19.8	16.7

上表の結果のように原酵素液がアセトン処理により約 2 倍の活性の上昇を示し次いで Cγの吸着溶離処理により実に原液の13倍強の活性を示す白色粉末製品を得ることができた。

総　　　括

マグロ幽門垂粉末の水抽出液に硫安，アセトン処理を施し，更に Tonerde Cγ による吸着溶離を行なった濃厚プロテアーゼ液を得，これを凍結乾燥して白色粉末製品を得た。この製品の活性（Act/ 1 mg蛋白窒素）は約1,450で原液の13倍強であった。なお収率は約17％であった。

第十五章　魚幽門垂プロティナーゼの構成に就いて

魚類の幽門垂は腸の一部が分化したものといわれ，胃の幽門部の直後に存在する魚類特有の消化器官で，胃と腸の接着部に開口するものであり，その主要なる分泌物である蛋白分解酵素群が蛋白質消化に主要な役割を演じていることは疑いのないところである。したがってその分泌酵素をできるだけ細かく分割してそれぞれの作用機能を知ることができれば幽門垂分泌液の蛋白質分解機構を明らかにすることができると共にその応用の基礎的知見をも得ることができると考える。しかして分割したそれぞれの精製酵素の基質蛋白質に対する分解能を知るには標準とする酵素の分解能に比較するのが最も簡単であると思われるが，幸い今日結晶プロティナーゼが数種類市販せられるようになったので，これらを標準とすることにした。

結晶性プロティナーゼとして哺乳動物（牛豚）の膵臓より得られたトリプシリン（商品名）および菌体より得られたる結晶性-細菌-Al-プロティナーゼ（Crystalline Bacterial Al-Proteinase ：商品名）が入手できたので，まずこれらのカゼイン蛋白に対する分解能を検討し更に参考のため結晶性ではないが，高度精製の粉末酵素剤に就いても分解能を検討し次に幽門垂プロテアーゼを硫安およびアセトン処理し更に水酸化

アルミニウム（Cγ型）を使用し種々の条件下で吸着および溶離操作を行なって得た3分画についてそれぞれのカゼイン分解能を測定し，結晶プロティナーゼのそれに比較したところ，類似するものと相異なるものが存在することが明きらかになった。

1）結晶プロテイナーゼ及び精製粉末酵素剤のカゼイン分解能に就いて

酵素剤：

a）Trypsilin（商品名：T-Pase と略する）本品は持田製薬KKより出されている結晶製品である。その力価は1錠剤10,000 H.U.M.（会社の定めた力価）である。

b）結晶性-細菌-Al- プロティナーゼ（商品名として Crystalline Bacterial Al-Proteinase ： C.B.Al-Paseと略する）本品は長瀬産業KK尼崎工場製造のもので 20×10^4PUN/Vial（会社の定めた力価）の結晶である。

c）ビオプラーゼ（NPN_4）…商品名上記b）と同一会社製で 20,000 PUN/gの活性を有するものといわれ中性プロティナーゼである。b）と同じく *Bac.subtilis var Bioters* より製造されたものという。

d）プロナーゼ（商品名である。P-Nase と略する）本品は科研KK製品で *St.griseus* より抽出精製されたもので，その力価は50,000 PUK/g（会社の定めた力価）といわれるが，これも中性プロティナーゼである。

実験条件及び測定方法

各種酵素剤を適量秤量しこれにpH 7 或は8.5の緩衝液を適当量加えて溶解しそのまま或はこれを更に遠心分離して清澄液を得てこれを酵素試料とする。

5％カゼイン10cc に緩衝液（pH 7 或は8.5）30 ccを加え更によく pHを調製した後45°Cに温め，これに適量の酵素液を添加し更に蒸溜水（45°C）を加え全量を50 ccとなし一定時間（ここではすべて1時間)作用させた後20%の三塩化酢酸液16 ccを添加して酵素作用を止め，未消化蛋白質を除去し，濾液を100 ccにしてその一定量を分析に供する。

P-N…添加した酵素試料溶液中に含有される蛋白窒素量を示す。

N-P-S-N…上記酵素処理濾液に存在するいわゆる非蛋白可溶性窒素量を示す。

Poly-N…上記酵素処理濾液の一定量（20 cc を使用した）を加熱しその中に溶存する三塩化酢酸を除去し液量を約9 cc前後となし，これに5％燐タングステン酸（5％硫酸溶液）を添加する。しかるときは白色沈澱を生ずる。更にこれに蒸溜水を加えて全容量を再び20 ccとなした後遠心分離を行なって上澄液を得，その上澄液について Folin 試薬による呈色を行なわしめ日立製作所製 EPU-2型分光光度計により波長280mμ を使用して比色定量を行なって得られる窒素量である。

Act/P-N…カゼイン基質に酵素試料を添加反応させて得られる N-P-S-N を同酵素試料中の P-Nで除したものである。したがってこれは酵素蛋白質1mg（又は1g）により基質より生成される N-P-S-N（mg又はg）を示すもので，その数値の大小は酵素活性の大小を示す。

Poly-N/N-P-S-N×100…これは酵素活性により得られた N-P-S-N のうち更に低分子（いわゆるプロテオーズ，ペプトンと称する高分子化合物より以下の窒素化合物全部を意味する）の占める割合を示すものである。

次に実験結果を 第1～6表で示す

Table 1. Activity of "Trypsilin" on the casein.

pH / Incubation time (min.) / Value of measurement	8.5		
	30	60	90
Act/P-N	338	430	520
Poly-N/N-P-S-N × 100	10	11	11

Note : Act……Nitrogen (mg or g) of soluble compounds which were decomposed from casein by action of enzyme-N (mg or g)
P-N……Protein-nitrogen (mg or g) in enzyme preparation
N-P-S-N……None protein soluble nitrogen (mg or g) in the reaction solution
Poly-N……Polypeptide-nitrogen (mg or g) (include NH_2-N, amide-N and NH_3-N) in the reaction solution

また反応液のpHが7および8.5の場合の比較を行なった結果が第3および4表である。

Table 2. Activity of "Crystalline Bacterial Al-Proteinase" on the casein.

pH / Incubation time (min.) / Value of measurement	8.5		
	30	60	90
Act/P-N	587	795	944
Poly-N/N-P-S-N × 100	22	19	23

Table 3. Activity of "Trypsilin" on the casein.

pH / Incubation time (min.) / Value of measurement	7.0	8.5
	60	60
Act/P-N	450	408
Poly-N/N-P-S-N × 100	11	12

Table 4. Activity of "Crystalline Bacterial Al-Proteinase" on the casein.

pH / Incubation time (min.) / Value of measurement	7.0	8.5
	60	60
Act/P-N	934	1035
Poly-N/N-P-S-N × 100	20	20

次に結晶ではないが高濃度酵素粉末として商品化されているビオプラーゼ（NPN_4-商品名）およびプロナーゼ（P-Nase と略する）に就いて同様に測定値を求めて第5および6表を得た。

Table 5. Activity of "Bioprase" on teh casein.

pH / Incubation time (min.) / Value of measurement	7.0	7.0
	30	60
Act/P–N	254	414
Poly–N/N–P–S–N × 100	30	31

Table 6. Actiyity of "Bronase" on the casein.

pH / Incubation time (min.) / Value of measurement	7.0	7.0
	30	60
Act/P–N	43	49
Poly–N/N–P–S–N × 100	57	65

以上の諸実験の結果を見るにカゼインを基質とした場合，アルカリ性反応（pH 8.5）において Poly–N/N–P–S–N × 100 の値は T–Pase の場合：10～11，C. B. Al–Pase：19～23，で後者は前者の約2倍である（第1および2表）。そして両者とも反応時間の長短に関係なく同一値を示している（第1および2表）。これに反して Act/P–Nの値は反応時間の長いほど大きい数値を示したが，これは当然なことである。次に第3および4表の示すところによれば基質反応液のpHが異なる場合即ち中性（pH 7）およびアルカリ性（pH 8.5）の場合においても Poly–N/N–P–S–N の値は略同一値を示した。そして Act/P–N の値は T–Pase では中性側でやや強く，C. B. Al–Pase ではアルカリ性側で強かった。以上の諸測定値の結果から Poly–N/N–P–S–N × 100の値は反応液の pH および短時間では反応時間に関係なく酵素に特有の数値を示すものと考えることができる。しかして両酵素（T–PaseおよびC. B. Al–Pase）共に結晶体であるから現在の製造工程が変らない限り，その Poly–N/N–P–S–Nの値は上述のような値を示すこと明きらかで，両酵素の示す数値の差異は明きらかに両酵素のカゼインに対する分解機構の本質的差異に基くものと考えることも決して無理ではないと考えられる。

次にビオプラーゼおよびプロナーゼに就いてみるに Poly–N/N–P–S–N × 100の値は反応時間に関係なくそれぞれ30および60を示した。両酵素剤共結晶体でないので，なお数種類の酵素の混在が考えられるのであるが，NPN_4 の Act/P–N は T–Pase のそれと殆んど同一値を示したのにもかかわらず Poly–N/N–P–S–N × 100の値は NPN_4の方が約3倍であった。更に P–NaseのPoly–N/N–P–S–N × 100の値は約65（60分の場合）という高い値を示すのに Act/P–Nの値は約49で T–Pase のそれの約1/6であることはそれぞれこれら酵素剤の特徴を示すものであると考えることができる。

2）精製魚幽門垂プロテアーゼのカゼイン分解能に就いて

魚幽門垂プロテアーゼ試料として鯖幽門垂のアセトン・エーテル処理粉末を使用した。その精製法は次のとおりである。即ち粉末の一定量にpH8.5の緩衝液を加えて抽出を行ない，その抽出液を微酸性（pH5.2）にした後これに固形硫安を加えて3/5飽和度となし，生じた沈殿を少量の水（pH 7の McILVAINE 緩衝液使用）に溶かしこれにアセトンを加えて40%となし，生じた沈殿を除き上澄液に更にアセトンを加えて70%となし，生じた沈殿を分離しこれを水（pH 7の緩衝液）に溶かし再びアセトン処理を繰り返す。アセトン処理を2回繰り返して得た沈殿をできるだけ少量の pH 7の水（緩衝液）にとかし，これを3部に分かちそれぞれに水酸化アルミニウム（Cγ型）の一定量および pH 5，7および8.2の緩衝液一定量を添加し更に pH

をよく混和した後攪拌吸着を行ない，Cγ-吸着部を水部と分離した後これらにそれぞれ酸性，中性或はアルカリ性緩衝液を添加して攪拌溶離を行ないそれぞれ溶離された酵素液に就いて上述の方法に従ってカゼイン分解能を測定した。

次に酵素試料の分画方法および各分画試料のカゼイン分解能を示す。

a）pH 5 で吸着し pH 7 および 8.2 で溶離した場合

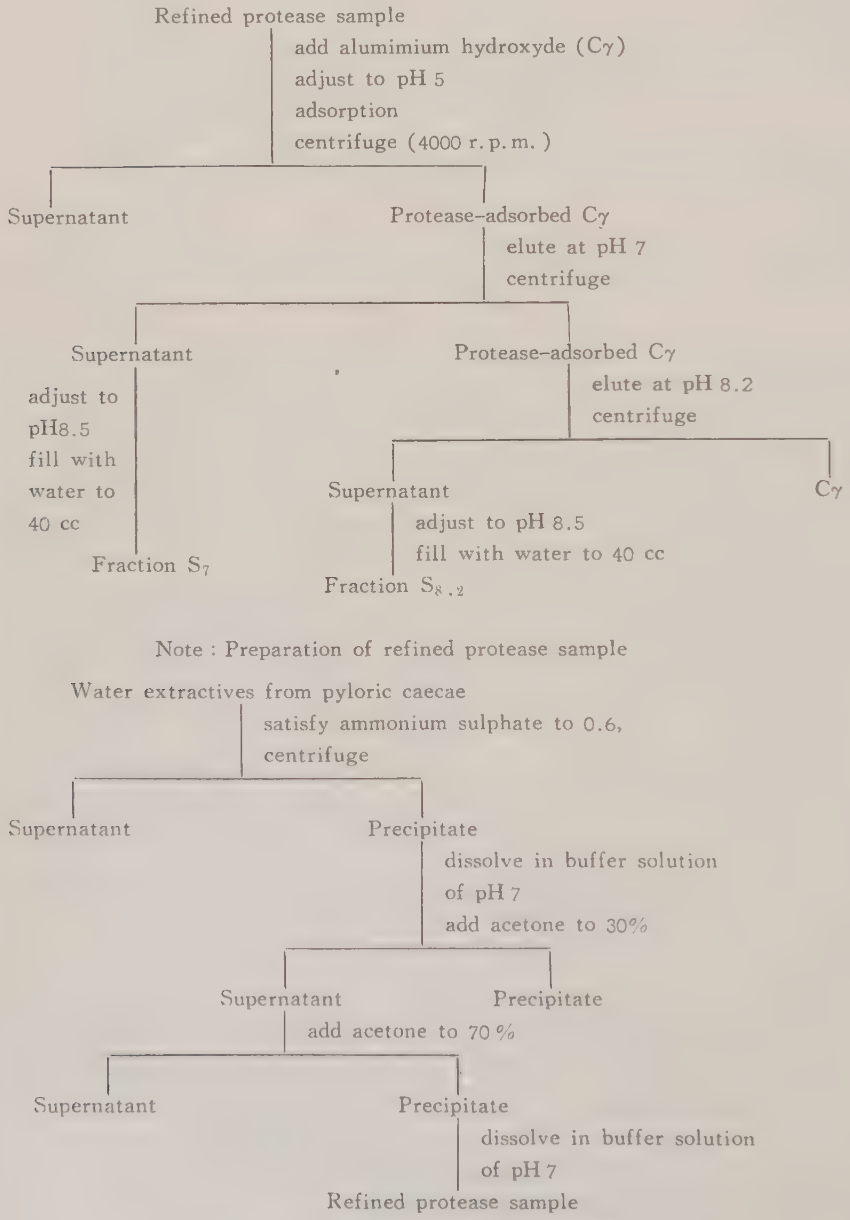

Fig. 1. Showing the preparation of refined enzyme fraction.

Table 7. Activity of refined enzyme fraction on the casein.

Value of measurement \ Fraction	S_7	$S_{8.2}$
Poly-N/N-P-S-N × 100	23	24

b) pH 7で吸着しpH 5及び8.5で溶離した場合

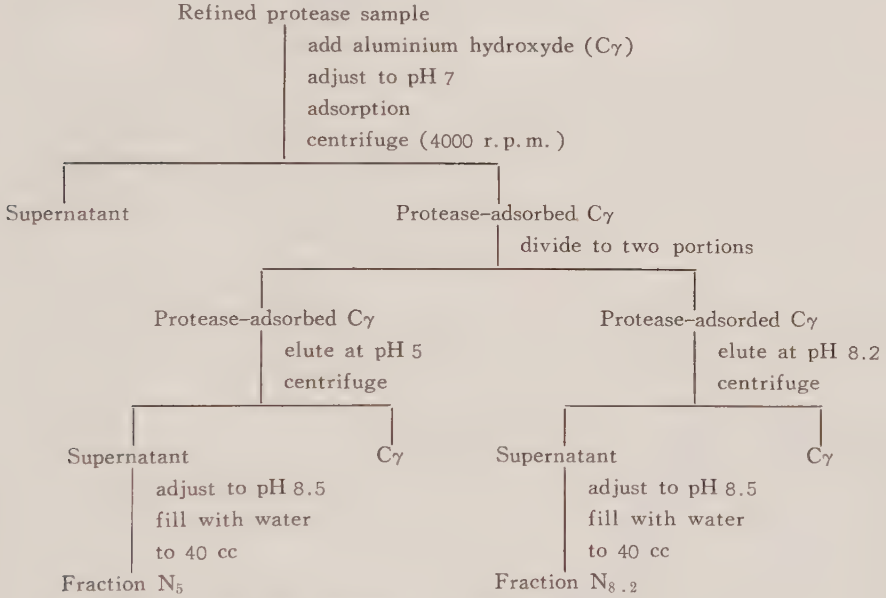

Fig. 2. Showing the preparation of refined enzyme fraction.

Table 8. Activity of refined enzyme fraction on the casein

Value of measurement \ Fraction	N_5	$N_{8.2}$
Poly-N/N-P-S-N × 100	15	15

以上の諸実験結果をみるに第7表においてはS_7および $S_{8.2}$の測定値はほぼ同値とみることができる。即ちCγに対して pH 5における吸着酵素は C.B. Al-Pase のそれに近似している。また第9表より pH 8.2における吸着酵素はA_5：10，A_7：13であって特にA_5の値はT-Paseのそれと全く同値を示した。A_5およびA_7の Act/P-Nの値はそれぞれ534および573であったので，A_5およびA_7とも同じ型の酵素であると考えられる。即ちA_5およびA_7共にトリプシリン型であると考えられる。

次にpH 7で吸着した酵素試料の N_5および $N_{8.2}$の値は共に 15であって（第8表），これの値は上述の結晶酵素の示した値の中間値を示した。以上の諸実験結果を総合すれば魚幽門垂プロティナーゼに対しpH 5，

c) pH 8.2 で吸着し pH 7 及び 5 で溶離した場合

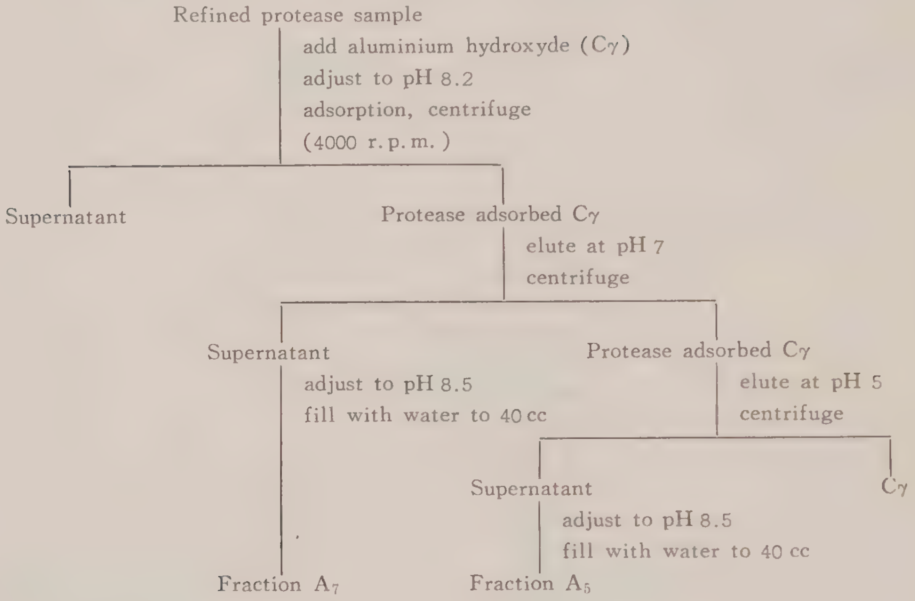

Fig. 3. Showing the preparation of refined enzyme fraction.

Table 9. Activity of rfeined enzyme fraction on the casein.

Value of measurement \ Fraction	A_5	A_7
Poly-N/N-P-S-N × 100	10	13

7および8.2において Cγを使用することにより少くとも 3 つの型の酵素類を分離することができることは明きらかである。即ちその一つは哺乳動物のトリプシリン型であり，他の一つは細菌プロティナーゼ型と同一とみなされるものである。そして第 3 の型は上述の 2 者の中間的性質を示すもので，これが魚類に特有のものかどうかは更に今後の研究により確かめる必要があるが，とにかく魚幽門垂プロテアーゼには哺乳および細菌プロティナーゼの両型酵素が含有され更に魚類型ともいうべき第三の型の酵素を有することは明きらかである。

3) 精製魚幽門垂プロテアーゼの至適 pH 及び至適温度について

上述のように Cγ により吸着分離した各分画の至適 pH および至適温度を常法に従って測定した。第10～15表はその結果を示す。

Table 10. The optimal pH value of S_7 and $S_{8.2}$.

Division	Activity \ pH	5	6	7	8	8.5	9
S_7	Act/1 cc	5.18	9.44	14.15	14.34	14.43	14.01
$S_{8.2}$		3.28	5.65	10.38	12.92	12.95	12.08

Table 11. The optimal temperature of S_7 and $S_{8.2}$.

Division	Activity \ Temp. (°C)	35	40	45	50	55
S_7	Act/1 cc	13.79	14.01	15.27	15.54	14.86
$S_{8.2}$	Non-protein-soluble-N (mg × 10^3)	44.74	49.58	54.48	56.45	48.82

Table 12. The optimal pH value of N_5.

pH	5	6	7	8	8.5	9
Act/1 cc	3.25	4.27	5.71	6.04	6.13	6.01

Table 13. The optimal temperature of N_5.

Temp. (°C)	40	45	50	55
Act/1 cc	5.74	9.27	11.18	7.52

Table 14. The optimal pH value of A_5.

pH	5	6	7	8	8.5	9
Non-protein-soluble-N (mg × 10^3)	26.10	26.45	45.74	48.94	59.96	54.51

Table 15. The optimal temperature of A_5.

Temp. (°C)	35	40	45	50	55
Act/1 cc	5.02	5.27	6.99	7.55	6.95

以上の諸表（10〜15）で明きらかなように各分画の至適温度はいずれも pH 8.5であり至適温度は50°Cであった。これは粗プロテアーゼの実験における45°Cよりも 5 °C 高い。以上の事から各分画はCγに対する吸着能を異にする点で差異を示し，作用機能上は上述２）に示されるようにそれぞれ特異性を発揮するものであることが明きらかになった。

総　　括

結晶プロティナーゼおよび精製酵素剤によるカゼイン分解生成物から酵素の分類を試みた。即ち哺乳動物源であるトリプシリンと細菌源の C. B. Al-Proteinase とは分解機構を異にする別個の型に属するものであり，また中性プロティナーゼであるビオプラーゼもその原料を異にするプロナーゼとは本質的に異なるものである。次にマグロ幽門垂プロティナーゼを 水酸化アルミニウム（Cγ型）により分画し各分画のカゼイン分解能を上記各プロティナーゼのそれに比較したところ，哺乳動物型プロティナーゼおよび細菌型プロティナーゼの２つの型が認められ更に両者の中間型ともいうべきプロティナーゼが存在するのを認めた。即ち各分画はいずれもその至適pHは8.5，至適温度は50°Cを示し同一であったが，Tonerde Cγ に対する吸着能を異にしカゼインに対する作用機作を異にする特異性を示した。

結　論

Ⅰ　魚胃液の pH およびプロテアーゼに関する研究

1）胃組織プロテアーゼは酸性側よりもアルカリ性側において強く示された。

2）活魚（タイ，フグ，ベラ，チヌ，セイゴ，カサゴ，クロダイ，ウナギ等）の胃液の反応は中性ないし微アルカリ性を示し食餌で充胃の状態では常に微アルカリ性で空胃の際，微酸性（pH 6.4〜6.8）を示した。大型魚であるマグロにおいても全く同様な結果であった。

3）魚の死後において胃液の反応は酸性側（pH 6.4〜6.6）に移行する。以上の事実は魚体処理の手段には影響を受けない。

4）魚胃液中には遊離塩酸は存在しない。

5）魚胃液プロテアーゼの至適水素イオン濃度は pH 6〜7 にあり，至適温度は35°C附近であった（マダイ）。

6）魚胃液を陽イオン交換樹脂（IRC-50 型）カラムにかけて各分画を得，これらを全く同一条件でペプシン溶液より分離した各分画に比較したところ，両者の各分画の出現部位はそれぞれ異なり，且つそれらの酵素活性を比較すると哺乳動物のペプシン系のそれは pH 2.2 において強力な活性を示したが，pH 6 では全然活性を示さなかったのに，魚類のそれは pH 2.2 で全然活性を示さず，pH 6 で強力な活性を示した。

以上の諸事実より魚胃液プロティナーゼは哺乳動物のペプシン系ではないと断定した。

Ⅱ　魚幽門垂プロテアーゼに関する研究

1）イワシおよびマグロにおいては該酵素の至適 pH は8.5附近にあり，至適温度はイワシでは 35°C，マグロでは 45°Cであった。また95〜97°Cで 3 分間の加熱により失活した。

2）各種試薬添加の影響をみるに，硫酸，塩酸等の無機酸を添加することによりその pH が1.4以下になると活性は完全に阻害される。

塩化ナトリウム，塩化カリウムのような無機中性塩を添加した場合，その濃度の増加につれて阻害作用も増大するが，塩濃度 30 % のときもなお 40 % 程度の活性が示された。

エチルアルコール，アセトンのような有機溶剤の添加により活性は阻害されるが，エチルアルコールの 15 % 濃度で 50 % の活性となり，30 %濃度でもなお 30 %の活性が示された。

アセトンの場合その 15 % 濃度で活性は 60 % となるが，30 % アセトン濃度でもなお 30 % の活性を示した。しかして 90 % 以上のアセトン液に 5 分間以内浸漬した場合，活性には殆んど損失をみなかった。

フラスキン（5-nitro 2-furfural-semicarbazone）の50ppmの添加において 14 % の活性阻害がみられたが，オーレオマイシンの同濃度の添加においては 31 % の活性阻害が示された。

3）組織粉末より該酵素を水抽出（常温）する場合，抽出される酵素量は 1 時間で一定値に達する。そして pH 8.5での抽出量が最も多かった。そして抽出された割合は全酵素活性の 76 % でなお 24 % 程度の活性は残存した。

4）該酵素の反応速度恒数を一次反応式に従って算出したところ，180分位まではほぼ一定値を示したが，それ以上になると時間の経過と共に減少した。

5）該酵素水抽出液に硫安を添加して $\frac{1}{3}$，$\frac{1}{2}$ および $\frac{3}{5}$ 飽和度とした場合，$\frac{3}{5}$ 飽和度の場合最も多くの沈澱を生じ，[illegible]の条件で全酵素活性の 95〜98% が捕捉回収された。またこの回収された沈澱化合物の窒素量は酵素液中の全蛋白窒素量の約 70 % であった。

そして硫安を繰返して使用しても活性には何ら阻害作用をあたえないが，硫安の使用は 1 回で充分であった。

6）アセトンによる沈澱生成を試みたが，80 % 濃度の場合最大沈澱量を示したが沈澱の活性は60 % 濃度の場合が最大であった。したがってアセトンによる分画を行なったところ，50〜60 % および60〜70 % 濃度

による両分画の活性が最も大きくて両者はほぼ等しい活性を示した。これに反し40〜50%濃度分画は前2者の½程度であった。なお60〜70％濃度分画には非活性蛋白質の含量が大であった。

7）マグロおよびイワシ幽門垂のアセトン・エーテル処理粉末およびトリプシン製剤（メルク製粉末）の活性を比較したところ，マグロはイワシの2倍の活性を示し，またトリプシン製剤よりも強力であった。しかし非活性蛋白質イワシもの2倍量を含有するので，窒素1mg当りの活性はトリプシン製剤が最も強く，イワシ，マグロの順であった。 反応液のpHが5の場合は8.5の場合の約60%の活性を示した（マグロ)。

8）Tonerde Cγ による蛋白質の吸着はpH 5の場合最も多く，次いでpH 7，pH8.2の順であった。しかしなおpH 5で吸着され難い酵素蛋白質が存在することが明きらかとなった。またpH8.2で吸着を繰り返すと酵素蛋白質を殆んど完全に吸着できることを知った。

9）Tonerde Cγ による吸着溶離の条件をみるにpH 5で吸着した場合，pH 6で溶離すると酵素蛋白質が非活性蛋白質よりも多く溶離される。pH 7，pH 8.2となるにつれて溶離される非活性蛋白量が増大する。pH 8.2で吸着された酵素蛋白質はpH 5で最もよく溶離され，次いでpH 6およびpH 7の順で溶離された。

したがって上記の各条件を組合わせてマグロ幽門垂水抽出酵素液から力価の高い粉末製品の製造を試みた。

10）マグロ幽門垂プロティナーゼ系の構成をさぐる手段としてpHの差異によって Tonerde Cγ に対する酵素の吸着性に難易を生ずる事実を利用して該酵素系を Tonerde Cγ にpH 5，7および8.2において吸着させた後，酸性，中性またはアルカリ性において溶離を行ないそれぞれの分画を求めた。そして各分画のカゼイン分解の様式から少くとも3種類の分画の存在を認めることができた。即ち第1の分画は哺乳動物のトリプシン型で，第2の分画は細菌型プロティナーゼと同型であり，第3の分画は前2者の中間的分解能を示すものであった。そしてそれら3分画の至適pHおよび至適温度をしらべたところ，いずれも至適pHは8.5にあり，至適温度は50°Cを示した。即ち3者は Tonerde Cγ に対して吸着性を異にする点で区別されるものである。

文　　献

1）大谷・島田，1923：水講報告，**19**.
2）大谷・畑中，1927：水講報告，**22**.
3）町田，1933：農化，**9**.
4）大谷・横田，1933：水講報告，**28**.
5）大島・佐々木，1925：*J. Soc. Agric. Forest Tokyo.* **70**.
6）島田，1936：日水誌，**4**.
7）二戸，1936：水産研誌，**31**.
8）高橋・広沢，1936：日水誌，**5**.
9）奥田，1948：水産化学（産業図書株式会社).
10）大谷・中井，1937：日水誌，**6**.
11）末広，1951：魚類学（岩波書店）.
12）赤堀，1955：酵素研究法(朝倉書店).
13）藤井・立川・西野，1957：本報告，**6**.
14）MacKay, M. E. 1929, *Biological Bulletin.* **5**.
15）大谷・富士川，1937：魚類の化学(厚生閣・恒星社).
16）大谷，1944：実験酵素化学(南山堂書店).
17）藤井，1942：農化，**18**.
18）斗ヶ沢・勝又，1956：日水誌，**25**.
19）———・——，1959：——，**28**.
20）斗ヶ沢・勝又・石川：————.

Summary

Studies on the Protease of Fishes

By

Minoru Fujii

1. On the pH value and the proteolytic activity of gastric juice

1) The proteolytic activity of gastric tissues was stronger in alkaline solutionsthan in acidic.
2) The pH values of gastric-juice of living fish suchas red sea-bream, puffers, wrasses, black porgy, common sea-bass, rock-cod and eel were neutral or slightly alkaline, and proved to be slightly alkaline when the stomach was filled with food, and tended to be slightly acidic (pH 6.4~6.8) when the stomach was empty.

The same results were obtained in experiments on large fish such as tuna (albacore and yellow fin tuna)

3) The pH values of the gastric-juice became acidic when the fish were killed, but were not influenced by vivisection or narcosis.
4) The gastric-juice of living fish does not contain any free hydrochloric acid.
5) The optimal pH value for the proteolytic activity of the gastric-juice of fish is about pH 6~7, and the optimal temperature is about 35°C (in red sea-bream).
6) Several fractions having peptic activity were separated by column chromatography of the crude pepsin preparaton from mammalian animals and from the gastric-juice of fish (such as red sea-bream) by using Amberlite IRC-50 at pH 4.

By differences between chromatograms, obtained from both preparations, and the optimal pH value for proteolytic activity, it is assumed that the gastric-juice of fish does not contain peptic protease similar to that obtained from the gastric-juice of the mammalian stomach by a similar preparation, but contains a protease, that shows strongest proteolytic activity at pH 6~7.

2. Studies on the enzymatic and chemical properties of the protease in pyloric caecae of tuna and sardine

1) The optimal pH value of the proteolytic activity of the pyloric caecae of sardine and tuna respectively is about pH 8.5, and the optimal temperature is about 35°C for sardine. On the contrary it is about 45°C for tuna.

The activity of this enzyme is completely inactivated by heating for more than 3 minutes at 97°C.

2) The proteolytic activity is inhibited completely, when, by adding inorganic acid, such as sulphuric acid or hydrochloric acid, the pH value drops below 1.4.

In the case of adding neutral salt such as sodium chloride or potassium chloride,

the activity decreases gradually against increasing concentration of salt; but 40 % of the activity still remains at 40 % concentration of the salt.

By adding of organic solvent such as ethyl alcohol or acetone the activity is inhibited, but 50 % of the activity remains at 15 % concentration of alcohol; similarly, 30 % of the activity remains at 30 % concentration of alcohol.

By adding acetone, 60 % of the activity remains at 15 % concentration of acetone; similarly, 30 % of the activity remains at 30 % concentration of acetone.

When the tissues are immersed in acetone solution of 90 % concentration for less than 5 minutes, there is practically no loss in activity.

A decrease of 14 % in proteolytic activity is brought about by adding 50 ppm. of Furaskin (5-nitro-2-furfural-semicarbazone). On the contrary, a decrease of 31 % in proteolytic activity is brought about by adding 50 ppm. concentration of Aureomycin (chlortetracycline).

3) When the protease is extracted, with water, from the powdered tissues at chamber temperature, we obtain maximum protease quantity after 1 hour at pH 8.5, and 76 % of the protease can be extracted, but 24% remains in the tissues.

4) The velocity constant, calculated by use of the first order formula, shows a constant value up to 180 minutes, but decreases after 180 minutes.

5) By adding ammonium sulphate of various degrees of saturation (c.f. 1/3, 1/2, and 3/5) to the enzyme solution extracted from the powder of pyloric caecae of tuna, we found the greatest precipitation occurred using the 3/5 saturated solution. The proteolytic activity of the enzyme was ca. 95 % or more of the original activity.

Nitrogen content of this recovered precipitate was ca. 70 % of the total protein-nitrogen in the enzyme solution.

The proteolytic activity was not inhibited at all, though the precipitation of protease compound was repeated by means of adding of ammonium sulphate. One treatment by ammonium sulphate was sufficient.

6) By adding of acetone of various concentrations to extractives of powdered pyloric caecae of tuna, nitrogen compounds increased gradually according to the range of acetone concention of each fraction (40～50, 50～60 and 60～70 %). The proteolytic activity and nitrogen content of each fraction was determined and the results obtained are follows: precipitates caused by acetone increase in proportion to the concentration of acetone, but the proteolytic activity, per 1 cc of enzyme solution and 1 mg of nitrogen in the precipitate, is strongest in the fraction used with 50～60 % concentration of acetone.

7) By use of aluminium hydroxyde ($C\gamma$) for protein adsorption, maximal adsorption was obtained at pH 5, but some part of the enzymatic protein still remained in the soluble state, and was difficult to adsorb on the aluminium hydroxyde ($C\gamma$).

In repeated adsorption tests, using aluminium hydroxyde ($C\gamma$) for protein, the greater part of the enzymatic protein was adsorbed at pH 8.2.

From the protein adsorbed $C\gamma$, (using the pH 5 adsorbed protein) the greater part of the enzymatic protein was eluted at pH 6.

The non-enzymatic protein began to elute increasingly as the pH became alkaline.

8) Three refined but different fractions were obtained from the refined protease by adsorption using aluminium hydroxyde (C_{γ}). The refined protease was made by treatment of water extractives of pyloric caecae of tuna with ammonium sulphate and acetone. The activity of each of the refined fractions was compared with that of crystalline trypsin and "Crystalline Bacterial Al-Proteinase".

The results were as follows: The first fraction was analogous to the mammalian proteinase as trypsin, and the second to the Crystalline Bacterial Al-Proteinase in bacteria, but the third was not analogous to the former two and showed characteristic activity, the value which lay between that of the first and second fractions.

However the optimal pH and temperature of each fraction showed the same value, namely, pH 8.5 and 50°C.

油なめし法の検討 その五※

佐藤　宏・松沢定五郎

Considerations on Oil Tanning (5th)※

By

Hirosi SATŌ and Jōgorō MATSUZAWA

In this report the effect of each unsaturated fatty acids esters from Japanese sardine oil to their oil tanned shark skins' Ts are compared.

The esters are separated by urea adducts method to 5 parts according to their unsaturated degree (see tables 1, 2).

The skins are tanned by dipping process in the conditions of 40°C relative moisture 85 % and for 4 weeks. These resultant Ts of the tanned skins are noted in the Table 3.

From the two data the effect of each ester to their tanning may be summarised as the underlined table.

Oils	I. V.	Ts of tanned skin (°C)			Refferences
		Highest Ts	Original Ts	Difference	
Ist ester	54.6	59.5	50.5	9	
2nd ester	96.4	61.5	50.5	11	
3rd ester	189.1	73.5	50.5	23	
Residues	287.6	75.5	50.5	25	Uncombined part with urea
Mixed fatty acids	186.7	62.5	50.5	12	
Sardine oil	182.3	63.5	48.5	15	control

魚油の脂肪酸を尿素附加法によって分別し，その区分別に皮蛋白と接触せしめその変性状況を観察した。

I　実験方法とその成果

（1）魚油脂肪酸の分別　イワシ油を用い冷鹸化法[2]によって鹸化し，その鹸化物より混合脂肪酸を得，これを常法（但し無触媒）によって Methyl esters を作る。この Methyl esters より尿素附加法[1)2)]によ

※ 水産講習所研究業績　第328号，1961年６月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 328.
Received June 26, 1961.

りそれぞれの不飽和度の附加物を分取し，更に脱尿素を行なって各種不飽和度の Methyl esters を得た。これらの過程は次表のとおり。

Table 1. Properties of oil agents

No.	Oils	Acid value	Soaponification value	Iodine value	Ref. Ind. η^{20D}
1	Sardine oil	10.116	192.6	185.3	1.4858
2	Mixed fatty acids from above	165.3	…	186.7	1.4769
3	Methyl ester from above	0.366	…	182.3	1.4760

Table 2. Properties of methyl esters yieleded from urea adducts

No.	Esters	Ref. Ind. η^{20D}	A.V.	I.V.	Yield %
4	Original esters	1.4760	0.366	182.3	100
5	1st part	1.4464	0.271	54.6	38.3
6	2nd part	1.4473	0.275	96.4	24.5
7	3rd part	1.4700	0.462	189.1	12.6
8	4th part	1.4765	…	233.5	2.5
9	Residue	1.4885	1.13	287.6	12.0

（2）試料皮の作製　塩乾鮫皮を次の如く処理して試料皮とした。払鱗後一応流水中に浸漬して脱塩し，その含水皮を「灯油中に浸漬」「部分乾燥」「もみ入れ」の三工程を繰返し行なって柔軟な乾皮を作った。

（3）油剤と試料皮との接触　ビーカー中の油剤に試料皮を浸漬して湿乾室に静置した。その湿乾室は温度40°C± 3 °C，湿度80～85%に保持した。

（4）油剤別による皮蛋白の変性　試料皮の変性はその水熱収縮温度（Ts）で求めることとし，そのTs を径日的に測定して次の成果を得た。

Table 3. Hydroshrimkage temperature shifted by various oil agents

No.	Oil agents	Ts of skins										
		Original										
10	Sardine oil	48.5	52.5	54.5	62.5	63.5	63.5	62.5	63.5	63.5	61.5	59.5
11	Mixed fatty acids	50.5	54.5	56.5	61.5	62.5	59.5	58.5	58.5	61.5	58.5	58.5
12	Esters, 1st part	50.5	53.5	55.5	55.5	59.5	59.5	55.5	59.5	59.5	59.5	57.5
13	Esters, 2nd part	50.5	53.5	55.5	61.5	61.5	61.5	59.5	60.5	59.5	59.5	56.5
14	Esters, 3rd part	50.5	56.5	63.5	62.5	62.5	73.5	71.5	70.5	71.5	71.5	70.5
15	Residues	50.5	56.5	56.5	62.5	73.5	71.5	75.5	75.5	72.5	74.5	69.5

Ⅲ 考　　察

1）魚油脂肪酸エステルの尿素分別の成果は各区分の沃度価よりみてほぼ妥当に分別されている。但し残

基のそれは他の文献に比べて低い。これは，これらの操作を大気下に行なったためであろう。

2）Ts 移動の成果を要約すると，　第一区分によって得られた最高 Ts は 59.5°C，第二区分のそれは 61.5°C，第三区分 73,5°C（第四区分は資料不足のため行なわぬ。）残基 75.5°C となっている。即ち油剤の沃度価の序列に応じている。

また対称区のイワシ油および混合脂肪酸の最高 Ts はそれぞれ 63.5°C および 62.5°C であって その値は近似し，第一区分のそれより高く，第二区分のそれに近く，第三および残基のそれより甚しく低い。

上記の結果より不飽和度の高いエステルほど皮蛋白を変性せしめる能力が強いものと考えられる。但し沃度価が非常に低い（No. 1 および 2）ものも約 10°C ほど Ts を上昇せしめていることは注目される。

Ⅲ 総　　括

1.　イワシ油脂肪酸エステルを尿素附加物分別法により分別して沃度価の異る区分を得た。これらの区分を鮫乾皮と40°C±3°C，関係湿度80～85％の条件で接触せしめてその変性を観測した。

2.　沃度価の高いエステルほど皮の変性を大ならしめている。

3.　その変性の程度は低沃度価（54.6，96.4）のものは約10°C，中沃度価（189.1）のもの23°C，高沃度価の（287.6）ものは 25°C その Ts を高めている結果を得た。

文　　献

1）宮川高明・野水英男，1960：油化学，**9**(8) p. 415
2）MARKLEY，K. S，1954：Fatty Acids，p. 577
3）喜多源逸，1942：油脂化学及試験法，p. 1244

アフリカ産オゴノリ *Gracilaria verrucosa* よりの寒天について※

田川昭治・立山嘉彦・小島良夫

On the Agar agar prepared from *Gracilaria verrucosa* in Africa※

By

Shōji TAGAWA, Yoshihiko TATEYAMA and Yoshio KOJIMA

Recently, *Gr. verrucosa* as the raw material for industrial agar agar plant in Japan has been imported from abroad, such as, Chile, Argentina, Africa and so on because of the scarcity of its raw material.

The authors made an attempt to prepare agar agar from *Gr. verrucosa* imported from Africa in 1959. As the raw material was treated with dilute alkali solution according to usual manner, the gelatinous substance was easily extracted and waste coagulated. On the other hand, agar agar was extracted in good yield by the method of direct pressure extraction from raw material. It is assumed that above-mentioned character, which *Gr. verrucosa* in Japan did not possess, was based on the difference in chemical constituents depending upon the locality grown. Then the chemical analysis of raw material and of agar agar prepared from it was made. As a result of it, the content of total SO_3 in raw material was less than that in Japan, but the chemical constituents of agar agar did not show a great difference from that in Japan.

日本古来の水産特産品である寒天は，主としてテングサ類を原料とし，天然の寒冷を利用して製造される天然寒天であった。オゴノリはその膠質物が凝固性に乏しいため主原藻として使用することは不可能で増量の目的で配合藻として僅かに使用されていた。

第二次大戦後，この低品位寒天原藻であるオゴノリの化学的処理法[1]が研究され，テングサに勝る寒天原藻となし得ることが明らかとなり，寒天工業に採用され，いわゆる工業寒天として製造され始めた。爾来工業寒天工業が天然のそれにまさる有利性，即ち周年操業が可能であること及び製品の質の均一性という二大利点のために，工業寒天製造は順調な発展を続け，近年では寒天全生産量の約40%を占めるに至っている。

しかしこの数年来，日本産オゴノリは海況変化などの天然障害，或いは濫獲などのためにその生産量は次

※ 水産講習所研究業績　第329号，1961年６月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 329. Received June 26, 1961.
1960年10月日本水産学会秋季大会（於仙台），1961年４月日本水産学会年会（於東京）にて発表.

第に減少し，供給不足の状態になってきている。そのため，近年工業寒天原料を広く海外諸国の資源に求めるようになり，オゴノリもチリー，アルゼンチン，南アフリカなどの諸地域から輸入されている現状である。

著者等は，昭和34年に南アフリカから輸入されたオゴノリを入手し，その寒天製造条件を検討した。従来のオゴノリのアルカリ処理法は，非凝固性の膠質物をある程度流失させて凝固性寒天質の相対比を増加させ，ゼリー強度の高い寒天を得ることを目的としていた。このアルカリ処理法を南アフリカ産オゴノリに適用したところ，容易に寒天質が溶出しその損失の著るしいことを知った。そこで処理を行なわずに，原藻を直接煮熟することによりゼリー強度の高い良好な寒天を好収率で得られることが見出された。

この事実は同じ種類でも生育環境を異にすれば，その含有成分が異なってくることに起因するのではないかと考え，原藻及び寒天の主なる化学成分の分析を行ないその結果を日本産オゴノリのそれと比較検討したのでここに報告する次第である。

I 試　　料

試料とした原藻は昭和34年に南アフリカより輸入されたオゴノリ *Gr. verrucosa* で塩分の附着が多く乾燥状態は不良で，藻体は脆弱であった。この粗原藻を風乾して以下の実験試料に供した。またこれを充分水洗しつつ揉捻し，附着する塩分及び土砂を除去し風乾して精原藻としたがその平均草歩は58.6％であった。

II 実験及び考察

II－1 アルカリ処理後加圧抽出による寒天の製造

風乾オゴノリ粗原藻を常法にしたがって１～２％の苛性ソーダ溶液で種々の温度で４時間処理を行なった後，漂白，水洗し，風乾してアルカリ処理オゴノリとした。これを清水を用いて種々の温度で３時間加圧抽出を行ない，濾布で吸引濾過し心太液は一夜放冷凝固させて心太とした。これを細断し，圧搾脱水を行ない乾燥してフィルム状寒天を得た。その結果は第１表に示す通りである。

Table 1. Results on the preparation of agar agar from the alkali treated *Gr. verrucosa.* in Africa by the method of pressured extraction.

Exp. No.	Raw material as sample	Alkali treatment					
		Concn. of NaOH soln.	Volume of NaOH soln.	Temp.	Time	Yield of treated matter	Waste
	(g)	(%)	(*l*)	(°C)	(hrs.)	(%)	
1	400	1.0	8.0	90	4	24.1	coagulate J.S. 170 g/cm^2
2	500	〃	〃	87	〃	28.8	coagulate J.S. 140 g/cm^2
3	500	〃	〃	85	〃	26.8	coagulate J.S. 150 g/cm^2
4	50	〃	0.8	50	〃	48.0	not coagulate
5	〃	2.0	〃	50→23	〃	52.0	〃
6	〃	1.0	〃	50→23	〃	56.0	〃
7	〃	2.0	〃	20	〃	56.0	〃

Exp. No.	Raw material as sample	Pressure extraction						
		Volume of extracting water	Temp.	Time	Jelly strength of crude agar gel	Yield of agar agar vs. raw material	Jelly strength of agar gel	Residue
	(g)	(ℓ)	(°C)	(hrs.)	(g/cm^2)	(%)	(g/cm^2)	(%)
4	50	1.14	117.5	3	440	23.3	840	29.0
5	〃	〃	120	〃	390	21.8	740	20.8
6	〃	〃	120	〃	410	21.6	750	26.2
7	〃	〃	115	〃	520	27.8	840	21.6

Note : Nos. 1, 2 and 3 were bleached with 0.117% $Ca(OCl)_2$ soln. for 20 mins. after alkali treatment, and Nos. 4,5,6 and 7 were neutralized with HCl to pH 6.0～7.2.
Because of the coagulation of waste in alkali treatment, extractions of agar agar from alkali treated sample, Nos. 1, 2 and 3 were not performed.

No. 1, 2, 及び No. 3 は 85°C 以上の温度で4時間処理したものであるが，いずれも処理廃液が凝固しゼリー強度 140 g/cm^2 以上を示した。これは可成りの寒天質が溶出していることを示し，この原藻は寒天質が低温で抽出され易いか，あるいは非凝固性の膠質物が少ないのであろうと推察される。そこでNo. 4以下は処理温度を低くして行なったが処理温度 50°C 以下ではその廃液は凝固性を示さなかった。No. 6 及び No. 7 は処理藻の収率が 56.0 % であるが，これを卓歩 58.6 % と較べると，僅か 2.6 % がアルカリ処理により溶出除去された膠質物や色素蛋白類と考えられる。

次に処理廃液の凝固しなかった No. 4～ No. 7 の処理藻を，酸を添加しない清水で3時間加圧抽出を行なったが，抽出温度 115°C (No. 7) の時最も良好な結果が得られ，寒天収率は 27.8 % を示し，ゼリー強度も840 g/cm^2 であった。この結果から考えて，アフリカ産オゴノリはアルカリ処理を行なはなくても，凝固性寒天を得られることが予想される。そこで粗原藻をよく水洗し，これを pH 4.0 の硫酸希薄水溶液で，100°C で2時間常圧煮熟して寒天を製造したところ，ゼリー強度 850 g/cm^2 の寒天が 21.7 % の収率で得られた。以上の結果から明らかなように，本原藻はアルカリ処理工程は不必要であることが分った。

Ⅱ－2　粗原藻の直接加圧煮熟による寒天の製造

本原藻はアルカリ処理を施さずに常圧で直接，酸抽出を行なっても可成りの収率で寒天が得られた。そこで著者等は抽出に際し加圧すれば，殆んど酸を添加しなくても短時間に良好な抽出率が得られると考えた。

そこで，粗原藻を水洗しつつ充分揉捻し土砂を除去し，一夜水中に浸漬した。水切り後，一定量の清水と共に加圧釜に収容し，種々の温度で3時間煮熟した。抽出液は濾布で吸引濾過し，ハイドロサルファイトを 0.1 g 添加して色素を漂白し，一夜放冷して凝固させた。心太は細状となし，清水中に約2時間浸漬して更に脱色を行ない，圧搾脱水後乾燥してフイルム状寒天とした。結果は第2表に示す通りである。

Table 2. Results on the preparation of agar agar from *Gr. verrucosa* in Africa by the method of pressured extraction at various temperature for 3 hrs.

Exp. No.	Raw material	Volume of extracting water	Temp.	Time	Jelly strength of crude agar gel	Yield of agar agar	Jelly strength of agar gel	Residue
	(g)	(ℓ)	(°C)	(hrs.)	(g/cm^2)	(%)	(g/cm^2)	(%)
8	50	1.15	110	3	460	23.8	760	21.4
9	〃	〃	112	〃	450	27.4	750	21.4
10	〃	〃	115	〃	600	28.6	800	21.0
11	〃	〃	120	〃	370	27.8	650	18.6

表に見られるように，粗原藻の約23倍の清水を使用して 115°C で3時間抽出した場合が最も良好な結果で収率 28.6％，ゼリー強度 800 g/cm^2 であった。更に抽出温度を 120°C に高めると幾分加水分解が起り，収率，ゼリー強度共に低下した。

Ⅱ－3　寒天原藻の化学成分

第1表及び第2表に見られるように，アフリカ産オゴノリはアルカリ処理を行なうと容易に寒天質が溶出して処理廃液が凝固した。またアルカリ処理を行なはずに，清水で加圧抽出することにより約 28％ の収率で寒天を得ることが出来た。このような性質は，日本産オゴノリにおいては見られないことである。そこで，その一般化学成分特に SO_3 について何か差が認められるのではないかと考え，原藻の一般成分並びに無機成分の分析を行なった。実験法は次に示す通りである。

試　料：粗原藻を充分水洗揉捻し附着する土砂を除去し風乾して精原藻となし試料に供した。

水　分：105°C，4時間の減量を水分とした。

粗繊維：A．O．A．C．公定法に準じて行なった。

還元糖：試料に100倍量の 3.5％ 硫酸を加え，逆流冷却器を附して湯浴中にて加熱加水分解し，一時間毎に分解液の還元糖を Bertrand 法により分析し，その加水分解曲線より最高糖量を Galactose として算出した。

粗蛋白：Kjeldahl 法により全窒素量を求め6.25を乗じて粗蛋白とした。

全SO_3：試料に3％塩酸を添加し，逆流冷却器を附して直火で5時間加熱し，濾過後 $BaSO_4$ として沈澱させ，灼熱秤量として SO_3 に換算した。

灰分中SO_3：試料を灰化後，塩酸不溶解物を除去し，更に3価の金属を除去した後 $BaSO_4$ として沈澱させ，灼熱秤量して SO_3 に換算した。

CaO　：灰分中の SiO_2 及び3価金属を除去した後，蓚酸カルシウムとして沈澱させ CaO として秤量した。

MgO　：CaO 定量後の濾液より燐酸アンモニウムマグネシウムとして沈澱させピロ燐酸マグネシウムとして秤量した。

第3表に原藻中の一般成分を示す。表に見る通り他の原藻より灰分が少く蛋白が可成り多い傾向が見られた。

Table 3. General constituents of *Gr. verrucosa* in Africa and some other agar-bearing seaweed.

	Moisture (%)	Ash (%)	Crude cellulose (%)	Crude protein (%)	Reducing sugar as galactose (%)
Gr. verrucosa Produced in Africa	17.91	3.00	11.26	21.97	51.75
Gr. verrucosa Produced in Japan	19.78	5.95	—	10.35	60.50
Gr. verrucosa Produced in Shimane Pref.	—	6.69	—	16.60	48.20
Gelidium amansii	17.95	3.62	—	15.95	46.30

Note：All the contents of ash, crude cellulose, crude protein and reducing sugar are shown vs. dry matter.

原藻中の無機成分量を他の諸原藻と比較すると第4表の通りである。アフリカ産オゴノリは，他のそれに較べ全般的に無機成分が少ないようであるが，特に著るしいのは全 SO_3 及び灰分中の SO_3 である。全 SO_3 については東京湾オゴノリの約⅓であり，テングサより幾分少ない。これは柳川[2]が報告しているよ

Table 4. Inorganic constituents of *Gr. verrucosa* in Africa and some other agar-bearing seaweed.

	Ash	Total SO_3	SO_3 in ash	CaO	MgO	Al_2O_3 + Fe_2O_3	SiO_2
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Gr. verrucosa Produced in Africa	3.00	1.43	0.59	0.89	0.41	0.56	0.30
Gr. verrucosa Produced in Tokyo Bay	7.42	6.56	3.53	2.02	1.07	0.82	0.83
〃	4.88	3.03	1.54	1.42	0.52	0.64	0.74
Gr. verrucosa Produced in Shimane Pref.	6.69	5.33	2.97	1.88	0.92	0.74	0.78
Gr. chorda	4.18	2.99	1.32	1.12	0.34	0.84	0.48
Campylaephora hypnaeoides	5.68	4.50	1.52	1.03	0.86	0.86	1.21
Gelidium amansii	3.63	1.75	1.64	1.25	0.37	0.13	0.49

うに，全 SO_3 の含量が少いものは凝膠力が強いという結果とよく一致している。また灰分中の SO_3 については他の原藻のそれの約 1/3～1/6 で，著るしい差が見られた。

アフリカ産オゴノリの無機成分が他の原藻に較べて全般的に少いのは，その灰分量が少い為かも知れないと考え，その灰分中無機成分を表はしたのが第５表である。

Table 5. Inorganic constituents in ash of *Gr. verrucosa* in Africa and some other agar-bearing seaweed.

	Ash	Ash				
		SO_3	CaO	MgO	Al_2O_3 + Fe_2O_3	SiO_2
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Gr. verrucosa Produced in Africa	3.00	21.7	28.9	13.3	20.5	11.2
Gr. verrucosa Produced in Tokyo Bay	7.42	50.0	29.9	13.7	11.3	11.8
〃	4.88	31.5	30.6	10.6	13.1	15.2
Gr. verrucosa Produced in Shimane Pref.	6.69	44.4	28.1	13.7	11.1	11.7
Gr. chorda	4.18	31.7	26.7	8.1	20.2	11.4
Campylaephora hypnaeoides	5.68	26.9	18.5	15.3	15.3	21.4
Gelidium amansii	3.63	44.4	34.4	10.5	3.5	13.4

表で見ると灰分中に占める CaO，MgO，及び SiO_2 の割合は他の原藻と略々同様であるが SO_3 及び３価の金属については可成りの差異が認められた。即ち SO_3 については他の原藻の略々1/2以下であり，また３価の金属は可成り多いようである。

次に原藻中の CaO，MgO のモル数と，それと結合していると考えられる SO_3 の モル数とを比べ 表はすと第６表の通りである。

Table 6. The molar ratio between Ca, Mg, Hexose and total SO_3 in the several kinds of agar-bearing seaweed.

	$\frac{\gamma\ Hexose}{\gamma\ Total\ SO_3}$	$\frac{\gamma\ CaO + \gamma\ MgO}{\gamma\ Total\ SO_3}$	$\frac{\gamma\ CaO}{\gamma\ Total\ SO_3}$	$\frac{Total\ SO_3}{SO_3\ in\ ash}$
Gr. verrucosa Produced in Africa	8.00	1.45	0.89	2.43
Gr. verrucosa Produced in Tokyo Bay	2.05	0.76	0.44	1.86
〃	4.09	1.04	0.70	1.97
Gr. verrucosa Alkali treated	5.70	1.78	1.04	1.06
Gr. chorda	—	0.76	0.53	2.26
Campylaephora hypnaeoides	—	0.71	0.33	2.96
Gelidium amansii	5.85	1.45	1.02	1.07

各種寒天及びその原藻成分のモル比については柳川[2]，谷井[3]，著者[4]等の研究がある。一般に Hexose/全 SO_3 のモル比は凝固性の強いもの程大きい。また CaO+MgO/全SO_3 のモル比は凝固性の強いものは1以上を示す。また CaO/全SO_3 のモル比は1に近い程凝固性が強く，全 SO_3/灰分中 SO_3 の値は凝固性の強いもの程1に近づくと考えられている。第6表からアフリカ産オゴノリは Hexose/全 SO_3 のモル比はアルカリ処理オゴノリやテングサと同じく大きい値を示している。また CaO+MgO/全 SO_3 のモル比もアルカリ処理オゴノリやテングサ等と同じように，ツルシラモ，オゴノリ，エゴノリなどの0.76より大きく1.45を示した。また CaO/全 SO_3 のモル比も，オゴノリ，エゴノリ，ツルシラモ等より大きく1に近い値を示した。全 SO_3/灰分中 SO_3 の値は今までと逆にツルシラモ，エゴノリ等と同じく2以上と例外の値を示した。

以上述べたように各成分間のモル比については一つの例外を除けば，アフリカ産オゴノリはアルカリ処理したオゴノリやテングサ等に近い凝固性の強い膠質物を含有していることが明らかとなった。

Ⅱ－4　寒天中の化学成分

Ⅱ－2に説明した最適条件にて製造したフィルム状寒天を細断して試料に供した。但し製造の際心太液のハイドロサルファイトによる漂白は行なはなかった。実験方法はすべて原藻の場合と同様に行った。結果は，寒天の一般成分，灰分中無機成分及び無機成分モル比を夫々第7，8，9及び10表に示す。

Table 7. General constituents of agar agars prepared from several kinds of agar-bearing seaweed.

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude protein (%)	Reducing sugar as galactose (%)
Ⅰ	22.45	1.26	2.32	77.38
Ⅱ	18.00	1.56	0.50	74.70
Ⅲ	22.92	2.04	1.05	70.32
Ⅳ	24.38	3.19	1.89	—

Note : All the values of ash, crude protein and reducing sugar are shown vs. dry matter.
Sample Ⅰ is agar agar prepared from *Gr. verrucosa* in Africa.
Sample Ⅱ is agar agar prepared from *Gr. verrucosa* in Japan.
Sample Ⅲ is agar agar prepared from *G. amansii.*
Sample Ⅳ is agar agar on the market.

Table 8. Inorganic constituents of agar agars prepared from several kinds of agar-bearing seaweed.

Sample	Ash (%)	Total SO_3 (%)	SO_3 in ash (%)	CaO (%)	MgO (%)	$Al_2O_3+Fe_2O_3$ (%)	SiO_2 (%)
I	1.26	0.73	0.51	0.43	0.13	0.07	0.07
II	1.55	1.28	0.99	0.55	0.18	0.22	0.19
III	0.77	0.37	0.25	0.25	0.10	0.23	—
IV	1.61	0.93	0.78	0.61	0.16	0.17	0.18
V	2.28	1.37	1.03	0.76	0.18	0.17	0.15
VI	2.05	1.32	1.28	1.05	0.27	0.08	0.03

Note : Sample I is agar agar prepared from *Gr. verrucosa* in Africa.
Sample II is agar agar prepared from *Gr. verrucosa* in Tokyo Bay.
Sample III is agar agar prepared from *Gr. verrucosa* in Akkeshi Bay.
Sample IV is agar agar prepared from *Gr. chorda.*
Sample V is agar agar prepared from *Campylaephora hypnaeoides.*
Sample VI is agar agar prepared from *G. amansii.*

Table 9. Inorganic constituents in ash of agar agars prepared from several kinds of agar-bearing seaweed. The sample number is the same as Table 8.

Sample	Ash	Ash				
		SO_3	CaO	MgO	$Al_2O_3+Fe_2O_3$	SiO_2
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
I	1.26	38.1	33.9	10.3	5.2	5.5
II	1.55	63.8	35.3	11.7	11.4	12.0
III	0.77	32.4	32.0	12.4	29.9	—
IV	1.61	48.0	38.0	9.8	10.8	11.1
V	2.28	45.0	33.4	7.9	6.8	7.3
VI	2.05	64.2	46.4	13.0	4.1	2.0

Table 10. The molar ratio between Ca, Mg, and total SO_3 in agar agars prepared from several kinds of agar-bearing seaweed. The sample number is the same as Table 8.

Sample	$\frac{\gamma\ CaO}{\gamma\ Total\ SO_3}$	$\frac{\gamma\ CaO+\gamma\ MgO}{\gamma\ Total\ SO_3}$	$\frac{Total\ SO_3}{SO_3\ in\ ash}$	Jelly strength
I	0.84	1.20	1.43	800 (g/cm²)
II	0.61	0.90	1.29	650
III	0.96	1.50	1.48	700
IV	0.95	1.29	1.19	950
V	0.80	1.06	1.33	600
VI	1.12	1.53	1.03	500

一般成分については第7表に見られる通り粗蛋白が他の寒天より可成り多い。これは心太液の漂白を実施しなかったので色素蛋白が残っている為であろうと考えられる。無機成分及び灰中成分モル比については，寒天の段階迄精製されると原藻の時に見られたような大きい差異は認められない。但し灰分中の3価の金属

が原藻においては東京湾オゴノリの1.8倍，テングサの約6倍存在していたが，寒天においては東京湾オゴノリ寒天の約½，テングサ寒天のそれと略々同程度まで減少している。これより考えるとアフリカ産オゴノリ中の3価金属はその大部分が寒天質中に存在するのではなくて，原藻の繊維組織中に存在しているのであろうと考えられる

Ⅲ　総　　　括

以上の結果を総括すれば次の通りである。

1）アフリカ産オゴノリは，アルカリ処理なしで 115°C， 3時間の加熱で，ゼリー強度約 800 g/cm^2 の寒天を約28％の好収率で得ることが出来た。

2）原藻の化学成分組成においては，全 SO_3 及び灰分中 SO_3 の量が他原藻のそれより少なかった。但し寒天の段階まで精製されるとその差は殆んど認められなかった。

終りに，本実験の試料を提供された大阪府 野原化工K. K. に謝意を表する。

文　　　献

1）小鳥良夫・舟木好右衛門，1951：日水誌，**16**（9）．
2）柳川鉄之助，1952：日水誌，**17**（10）．
3）谷井　潔，1957：東北水産研，**9**．
4）田川昭治・小鳥良夫・香野　実，1960：本報告，**10**（1）．

オクヨウジの形態および生態に関する2・3について※

高井　徹・溝上昭男**

Some Notes on the Morphology and the Ecology of the Pipefish, *Urocampus rikuzenius* (JORDAN et SNYDER)※

By

Tōru TAKAI & Akio MIZOKAMI

One of the pipefish, we treated here, was named *Urocampus rikuzenius* by JORDAN et SNYDER in 1901 ; then, TANAKA (1931), MORI and UCHIDA (1934), HONMA (1957) reported on its wide geographical distribution. Since even in now a day we are unfortunately very hard to read any report other than those treated on its distribution and morphology, we intended to make clear some habits such as how to swim, how to get its foods and how to rest, and special attention were paid to the structures of its brood-pouch and its additional morphological characters of taxonomic importance. The results were summarized as follows :

1) We can certify the presence of three barbels on each body side of each of the specimens and 16 ones attaching along the dorsal part of the median line of one of the specimens, besides two barbels attaching to the jaw as already reported.

2) The pipefish has such a peculiar habit like the sea horse, *Hippocampus coronatus*, that when the former is in rest it round its tail to some bate regardless of living or non-living and of floating or attaching to the bottom and hold its head upwards keeping its body straight.

3) We observe two curious types of swimming behaviors, one is the horizontal one propeled by pectoral and dorsal fins with meandering in tail and the other is also horizontal one by pectoral and dorsal fin but the fish keeps its body horizontally upwards the head.

4) This fish does not take food positively but this is far more passive than another pipefish, *Syngnathus schlegeli*, which is far more common than that treated here.

※ 水産講習所研究業績　第330号，1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 330.
Received June 26, 1961.

** 広島県立宮島水族館.

5) The right and left lobes of the brood-pouch rent along the ventral side of the median line.
6) The eggs in the sac arranged rather regularly along two layers, upper and lower, are adhered to each other into a cluster.
7) The egg is ovoid with 0.669 mm in the major axis and 0.574 mm in the minor one.
8) Each female is with 68 eggs, which is remarkably fewer than that of another pipefish, *Syngnathus schlegeli*.

1901年，JORDAN と SNYDER[8] は宮城県松島湾から得たヨウジウオ科 Syngnathidae の1新種をオクヨウジ *Urocampus rikuzenius* として記載した。TANAKA (1931)[7] は本種は本邦の北部から南部にわたって広く分布することを明らかにしたが，その後，森と内田 (1934)[4] は釜山と馬山から，本間 (1957)[2] は新潟県佐渡島達者湾および両津湾から，片山***は広島県草津からそれぞれ本種を得た。

オクヨウジ属 Urocampus はオーストラリヤ産 *Urocampus carinirostis* についての GILBERT と ALLAN (1958)[1] の記載などからみると，総鰓類 Lophobranchii のなかでは小型魚に属するようである。ところで，本種に関するいままでの報告はいずれも形態，分布などについての記載に止まっているので，筆者等はとくに本種の外部特徴形質と遊泳，捕食行動，休息状態，育児嚢および卵などについて調べてみた。

本研究にあたって御助言をたまわった山口大学教授片山正夫博士に深謝する。

1. 実験の材料および方法

1959年3月14日，山口県熊毛郡田布施町馬島沿岸の藻場で全長 76.17 mm の雌1尾，さらに広島県佐伯郡宮島町の沿岸3カ所，すなわち，包ゲ浦で1959年9月15日，全長 46.74 mm の雌魚，鷹の巣で9月19日に全長 63.29 mm の雄，多々良潟で1960年3月23日に全長 83.50 mm の雌をそれぞれ1尾採集した。これらのうち馬島沿岸，鷹の巣沿岸，多々良潟で得た3尾はいずれも藻場で小型の[illegible]曳網を用いて採捕したが，包ゲ浦で採集した1尾はホンダワラの1種 *Sargassum* sp. の流れ藻についていたもので，この流れ藻にはオクヨウジのほかに多数のアミメハギ *Rudarius ercodes* の稚魚がみられた。習性の観察は生かしたまま，飼育実験室に運び，実験水槽 (21×24×29 cm) に放養して行った。この水槽には底に砂を敷き，アマモ *Zostera marina*，イシゲ *Ishige okamurai* などを移殖し，毎分3 *l* の海水を注入した。なお，この水槽にはヨウジウオ *Syngnathus schlegeli*，ヒフキヨウジ *Trachyrhamphus serratus*，タツノオトシゴ *Hippocampus coronatus* などを混養して生息状態の差異を観察した。また投餌は日中1回注水を止めて橈脚類や Brine shrimp などを与えた。

2. 形　態

外部諸形質の測定結果を第1表に，さらに模式標本との比較結果を第2表にそれぞれ示した。第2表が示すように JORDAN と SNYDER が松島湾で採集した模式標本とは諸測定形質の数率がかなりよく一致し，また背鰭は肛門よりはるか後方の尾部にあり，腹部正中線にそって1暗色帯があること，躯幹部と尾部との背隆起線は連続し，躯幹部の中央隆起線は尾部の下隆起線と連続すること，頤に2本の細長いひげをも

***私信による

Table 1. The external characters of the pipefish specimens employed in the present study.

Specimen		No. 1	No. 2	No. 3
Date		March 14, 1959	Sept. 15, '59	Sept. 19, '59
locality		Umashima, Tabuse, Yamaguchi Pref.	Tsutsumigaura, Miyajima, Hiroshima Pref.	Takanosu, Miyajima, Hiroshima Pref.
Sex		Female	Female	Male
Total length	(mm)	76.17	46.74	63.29
Body length	(〃)	75.15	45.46	62.40
Anal length	(〃)	21.70	11.42	15.87
Head length	(〃)	7.74	4.18	5.82
Body height	(〃)	1.79	0.64	1.15
Snout length	(〃)	3.38	1.75	2.42
Eye diameter	(〃)	1.24	0.77	1.02
Pectoral fin length	(〃)	1.25	0.41	1.05
Ventral fin length	(〃)	0.35	0.15	0.17
Caudal fin length	(〃)	1.02	1.28	0.89
Distance from snout to origin of dorsal fin	(〃)	32.57	17.92	26.50
Dorsal fin rays	(〃)	16	16	16
Body rings		11+58	11+58	11+59

Table 2. Comparison of the morphological characters in the present specimens with those in the holotype.

Items	Holotype	Present specimens		
		No. 1	No. 2	No. 3
Head into total	11.5	10.0	11.2	10.9
Anal into head	0.4	0.4	0.4	0.4
Snout into head	2.3	2.3	2.4	2.4
Head into eye	6.5	6.2	5.4	5.7
Dorsal rays	16	16	16	16
Body rings	11+59	11+58	11+58	11+59

っていることなどは JORDAN らのあげた特徴とよく一致している。しかし各体輪の縁辺の白色点に関する特徴はいずれも不明瞭であった。ところで筆者の採集した4標本ではいずれも中央隆起線に3本，すなわち第2、第5および第9体輪にそれぞれ1本のひげがあり， さらに馬島沿岸で得た標本 No. 1 の雌魚（第1図B）にはこのほか第12および第17体輪の体側部に非常に微細なひげを各1本そなえている。さらに第2から第11体輪の軀幹背部*と第12から17体輪の尾部背部にもひげがあり， とくに第15体輪には2本みられる。体背部のこれらのひげはタツノオトシゴでは分枝しているが，このオクヨウジの1標本では決して分枝していない。背鰭軟条数はいずれも16本，胸鰭および尾鰭は比較的よく発達し，胸鰭長は標本 No. 1 （全長76.17 mm）および標本 No. 3 （全長63.29 mm）では眼径よりわずかに大きい

* この部分に着生するひげの長さは 0.13～1.40 mm である。

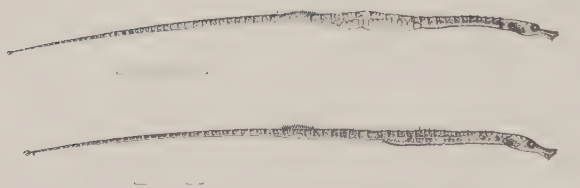

Fig. 1. Lateral view of the pipefish, *Urocampus rikuzenius*. A, male ; B, female. Scales indicate 10 mm.

3. 生息状態

飼育中のオクヨウジの游泳をみると，水生植物の間をゆるやかに移動するときはおもに背鰭と胸鰭を動かし，体をほぼ垂直に保った状態で移動する。これに対して他の魚が接近あるいは接触したりして驚き，安全な場所に逃避する場合は胸鰭・背鰭および尾部の蛇行運動によって水平的な移動を行う。この水平的な移動の状態はよくヨウジウオのそれに似ている。ところでオクヨウジが静止休息しているときの状態をみるとヨウジウオやヒフキヨウジなどにみられるように水生植物や水中の他物にほぼ垂直によりかかったり，あるいは，底に横臥し，頭部を上方に向けて静止するようなことはなく，つねに尾部を他物に巻きつけ上体をほぼ垂直に保ったまま静止している。この習性はよくタツノオトシゴ類 Hippocampus のそれと似ており，近縁のヨウジウオ類と異っている点である。

捕食行動をみると，餌が近くにある場合は上述の尾部を他物に巻きつけたままの姿勢で上体をわずかに動かして口を餌に近づけて捕食し，餌が比較的遠いところにあるときは附着物から離れ，ヨウジウオと同じようにゆるやかな游泳を行い，餌に近づいて捕食する。

本種がプランクトンネットで採集されたり，あるいは流れ藻，ながれのゆるやかな藻場に生息していること，および前述の捕食行動をみると，それは他の近縁種に比してはるかに待機的であるようにみられる。

Fig. 2. The pipefish, *Urccampus rikuzenius*, usually holds itself vertically in the water, rounding its prehensile tail about seaweeds.

4. 育児嚢と卵

1959年9月19日に採捕した全長 63.29 mm の雄魚（第1図A）の育児嚢をみると，それは肛門部から背鰭基底直下までの尾部前部の腹面に位置し，その長さは尾部長のおよそ $^1/_4$ である。育児嚢の部分は膨隆し，嚢は腹面左右から生じた皮褶によって形成されている。この左右の皮褶は腹面正中線において裂孔状に開口している。また育児嚢の側部は暗色を呈し，抱卵によって10数条の顕著なひだが形成されている。ヨウジウオではこのようなひだは認められない。

育児嚢内の卵は第3図BおよびCのようにほぼ規則正しく上下2段に並び，卵と卵はたがいに癒着した状態で全体が1塊になっている。さらに本標本の卵はやや楕円形で，長径は 0.669 mm，短径は 0.574 mm で，すでに眼球が出現しており，その周辺に黒色色素が発達し，胚体形成もはっきり認められた。抱卵数は

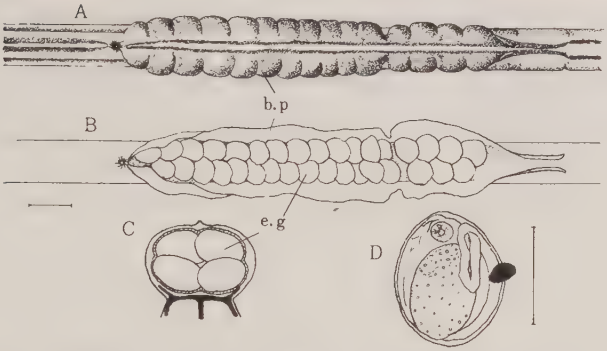

Fig. 3. Outline of the brood-pouch of the pipefish, *Urocampus rikuzenius*. A and B, ventral view ; C, transversal section ; D, egg developing in brood-pouch ; b.p., brood-pouch ; e.g., egg ; Scale for A and B indicates 1 mm, that for D indicates 0.5 mm.

68粒で著しく少なく，ヨウジウオに比して増殖率は低いようである。

摘　　要

1）内海産オクヨウジの形態および游泳，捕食，生息状態，育児嚢，卵などについて観察した。
2）頤の2本のひげのほかに，いずれの標本でも体側に3本，さらに1標本では背部正中線に16本のそれが認められた。
3）休息時はタツノオトシゴと同じように体をほぼ垂直に保ち尾部を他物に巻きつける習性がある。
4）游泳はおもに胸鰭・背鰭による垂直的な移動と，胸鰭・背鰭および尾部の蛇行運動による水平的な移動をする。
5）捕食はヨウジウオに比して著しく待機的である。
6）育児嚢の左右皮褶は腹面正中線で離れ，裂孔状に開口している。
7）卵はほぼ規則正しく上下2段に配列しているが，たがいに合着し，嚢内で一塊となっている。
8）卵は楕円形で長径は 0.669 mm，短径は 0.574 mm であった。
9）抱卵数は68粒でヨウジウオに比して著しく少ない。

参 考 文 献

1）WHITLEY, G. & J. ALLAN, 1958 : The seahorse and its relatives. Georgian House Pty. Ltd., Melbourne.
2）本間義治，1957：新潟県魚類目録補訂（V）．魚類学雑誌，**6**（4，5，6）.
3）JORDAN, D. S. & J. O. SNYDER, 1901 : A review of the Hypostomidae and Lophobranhiate fishes of Japan. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, **24** (1241).
4）森　為三・内田恵太郎，1934：補訂朝鮮産魚類目録．朝鮮博物学会雑誌，**19**.
5）松原喜代松，1955：魚類の形態と検索 I．岩崎書店，東京.
6）高井　徹・溝上昭男，1959：ヨウジウオの生殖，発生および稚魚について．本報告，**8**（1）.

7) TANAKA, S. 1931 : On the distribution of fishes in Japanese waters. *Jour. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo. Sect.* Ⅳ, *Zool.*, **3** (1).

8) 内田恵太郎，1932：魚類・円口類・頭索類．岩波講座生物学，岩波書店，東京．

ドジョウの形態学的研究—Ⅲ.

雌雄による形態的差異（2）※

久 保 田 善 二 郎

Morphology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR) ——III. Sexual Dimorphism (2)※

By

Zenziro KUBOTA

It is very important to find out the sexual differences in the external morphological characters, not solely from scientific interest but also from the applied ones such as the artificial fertilization, the culturing of the spawners and the conservation of the natural resources of this species, furthermore it occurs high possibility of yielding better results when we select carefully the fry for culturing paying an attention to the fact that the growth rates differ markedly with sex.

The external characters which is to show the sexual dimorphism are examined biometrically on 1,400 specimens which were sampled from 19 stations represented in Fig. 1.

1) The common sexual characters found throughout the samples obtained these stations are as follows :

i) For the dorsal, pectoral, pelvic, anal and caudal fins : the male is superior to female in length.

ii) The barbel is also longer in male than in female.

iii) The base of anal fin is also longer in male as is the case with i).

iv) The caudal peduncle is higher in male.

v) Dorsal fin is inserted from more posterior part in female.

vi) Body is wider, base of dorsal fin is shorter, anal and pelvic fins and vent are all situated more posterior part in female than in male, although these sexual differences are by no means so significant statistically.

2) It becomes evident that in the loach collected from Shimonoseki, Yamaguchi Prefecture, the sexual dimorphism begins to appear at 58 mm long in body length in

※ 水産講習所研究業績　第331号，1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 331.
Received June 26, 1961.

pectoral fin length, at 70 mm in barbel length, at 75 mm in anal fin length, at 81 mm in pelvic fin length, and at last in dorsal fin length.

3) The geographical differences in the shortest body length, that the sexual dimorphism begins to appear in pectoral fin length and in pelvic fin length, were examined. In respect to the pectoral fin length the sample collected from Okayama Pref. is the shortest being 49 mm in body length, then they are arranged in order from shorter to longer as follows: Yamaguchi (Hirao) and Akita (50 mm), Kyoto and Hokkaido (Hakodate) (54 mm), Yamaguchi (Shimonoseki) (58 mm), Fukuoka (68 mm). Rather extensive local variation is found to exist in the shortest body length that the sexual dimorphism begins to appear in pelvic fin length as arranged in order from shorter to longer in the following lines: 54 mm, Yamaguchi (Hirao); 63 mm, Hokkaido (Hakodate); 65 mm, Akita; 77 mm, Fukuoka; 79 mm, Kyoto; 81 mm, Okayama and Yamaguchi (Shimonoseki). Thus the range of variation of the shortest body length that the sexual dimorphism begins to appear is narrower in the pectoral fin length than in the pelvic fin length.

4) It may be considered that the geographical differences in characters showing sexual dimorphism, the growth stage when the dimorphism begins to appear and the form of pectoral fin are thought to be chiefly due to the difference in environmental conditions.

ま え が き

雌雄の識別は人工受精，親魚の養成および天然資源保護の上からだけではなく，性別によって成長度が相違する点を考慮に入れた積極的養成においても重要で，さらに生物学的見地からしても興味ある問題であるドジョウの性別による形態的差異については，林（1901,'03），岡本（1921 a・b） H. RENDAHL（1933），松井（1934），V. D. VLADYKOV（1935），池田（1936），内田（1939），塚原（1948）および小林（1951）などの諸研究があり，これらは外部的または内部的観察によるものである。

著者はドジョウをその主要生産地をも含めた19カ所から採集し，地域別に雌雄を生物統計学的に処理することによって，外部形態における性的差異を追求し，さらに主要な性徴差異についてはそれらの差を生ずる時期の魚体の大きさを推定した。

本文に入るに先立ち，御校閲を賜わった京都大学教授松原喜代松博士ならびに終始御指導を仰いだ本所教授松井魁博士に感謝の意を表する。

実験の材料および方法

実験材料としては第1表および第1図に示した場所で採集し，ホルマリン溶液で固定したもののうちから体長が 80 mm 以上の個体を選出して用いた。測定魚の個体総数は雌891尾，雄509尾，総計 1,400 尾で，採集期間は福岡，山口（平生町），岡山，新潟および岩手では1950年4～5月，山口（下関市）では主として1953年4～9月，残りの各地区では1955年4～7月である。雌雄の識別は主として胸鰭の形状に基づいて行ない，不確実な個体については解剖して決定した。

魚体の測定部位は，体長（L），全長（TL），頭長（HL），吻長（S），口鬚長（BL），口裂の長さ

(GL)，体高（BH)，体幅（BW)，吻端から背鰭，胸鰭，腹鰭および臀鰭の各鰭の前端基部までの距離（それぞれDF，PF，VF，AF，で表わす。以下同様)，吻端から肛門までの距離（A)，背鰭，胸鰭，腹鰭および臀鰭の各長さ（それぞれDL，PL，VL，AL)，背鰭および臀鰭の各基底長（DBおよびAB)，尾柄高（CP）の20カ所で，これらのうち，体長は吻端から脊椎骨後端までの距離（urostyleを含む)，口鬚長は上唇の第3口鬚（上唇後端の口角部にあるもの）の長さ，体高は背鰭前基部における体の高さ，体巾は鰓蓋後端と背鰭前基部との中間部における体の巾でもって，それぞれ示した（第2図)。

Table 1. Specimens used in the present study. The specimens are all larger than 80 mm in standard length.

Station	Number of specimens ♀	♂	♀ + ♂
Kasasa, Kagoshima	14	12	26
Yanagawa, Fukuoka	102	89	191
Shimonoseki, Yamaguchi	52	44	96
Hirao, Yamaguchi	76	51	127
Tamashima, Okayama	43	47	90
Shido, Kagawa	51	2	53
Muko, Kyōto	36	33	69
Tanabe, Wakayama	10	8	18
Hikone, Shiga	50	15	65
Gamagōri, Aichi	32	1	33
Chiba, Chiba	50	30	80
Nozawa, Nagano	50	51	101
Ueda, Nagano	40	30	70
Mizuhara, Niigata	50	15	65
Watanoha, Miyagi	42	16	58
Yumoto, Iwate	62	15	77
Oka, Akita	45	30	75
Hakodate, Hokkaido	32	19	51
Iwamizawa, Hokkaido	54	1	55
Total	891	509	1,400

性徴形質の検定は，各地区別に行ない，吻長は頭長に，口裂長は吻長に，その他の各部分長は体長に対する百分率の平均値をそれぞれ求め，雌雄差の認めうる限界を次式により規定した。$4\sqrt{(P\varepsilon♀)^2+(P\varepsilon♂)^2} \leqq |M♀-M♂|$ ただし$P\varepsilon$は標準誤差，Mは平均値である。ところで香川，愛知および北海道（岩見沢市）の各地区については，雄の個体数がきわめて少数であったので平均値を求めるに留め，雌雄差の検定を行なわなかった。このようにして検定を行ない，顕著に雌雄差が認められた形質については雌雄ともに体長の分布範囲が最も広範囲にわたる山口（下関市）の測定結果から性別に各形質の長さと体長との関係を図示し，最小自乗法によって実験式を求め，雌と雄の直線が交わる点における体長を性徴発現体長とし，各形質別に比較した。さらに，雌雄ともに個体数の多い福岡，山口（平生町および下関市)，岡山，京都，秋田および北海道（函館市）の7地区のものについて，最も雌雄差の顕著な胸鰭および腹鰭の各長さにおける性徴発現体長を求め，それらが地理的に変異性があるかどうかを検討した。

Fig. 1. Geographical distribution of the sampling stations used in the present study.
Abbreviations : A, Kasasa, Kagoshima ; B, Yanagawa, Fukuoka ; C, Shimonoseki, Yamaguchi ; D, Hirao, Yamaguchi ; E, Tamashima, Okayama ; F, Shido, Kagawa ; G, Muko, Kyōto ; H, Tanabe, Wakayama ; I, Hikone, Shiga ; J, Gamagōri, Aichi ; K, Chiba, Chiba ; L, Nozawa, Nagano ; M, Ueda, Nagano ; N, Mizuhara, Niigata ; O, Watanoha, Miyagi ; P, Yumoto, Iwate ; Q, Oka, Akita ; R, Hakodate, Hokkaido ; S, Iwamizawa, Hokkaido.

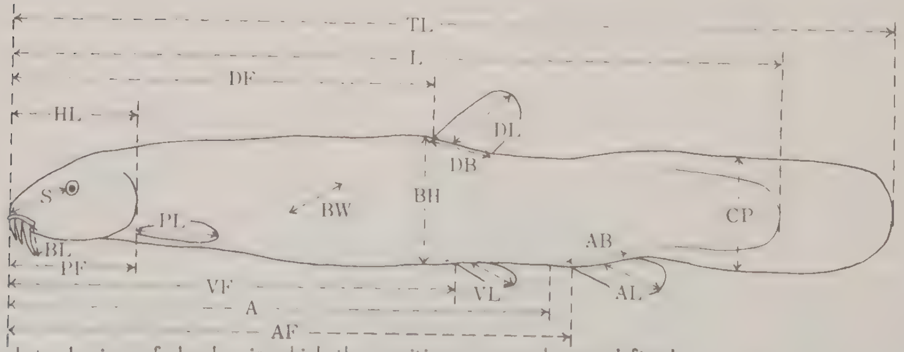

Fig. 2. Lateral view of loach, in which the positions measured were defined.
Notes : A, position of anus ; AB, basal length of anal fin ; AF, position of anal fin ; AL, anal fin length ; BH, hight of body ; BL, barbel length ; BW, body width ; CP, hight of caudal peduncle ; DB, basal length of dorsal fin ; DL, dorsal fin length ; HL, head length ; L, body length ; PF, position of pectoral fin ; PL, pectoral fin length ; S, snout length ; TL, total length ; VF, position of pelvic fin ; VL, pelvic fin length.

実験結果

A．性徴形質の検定

a．全　　長

100・TL/Lの平均値は，雌では岩手産のものが最大で117.40，岡山産のものが最小で113.88，また雄では岩手産のものが雌の場合と同様に最大で117.87，和歌山産のものが最小で114.88をそれぞれ示し，各地区の平均値は，主として雌では114.0～116.0，雄では115.0～118.0の範囲内にある（第2表）。雌雄の平均値間における差の信頼度（R）は和歌山産および岩手産のものを除く14地区では4.23～11.57で雌雄差が認められ，それらの平均値はいずれも雄の方が大きい。雌雄差の大きいのは，山口(平生町)産および新潟産のもので，それぞれ2.53％，2.63％で信頼度（R）は11.57，9.37である。雌雄差の認められなかった和歌山および岩手両県産のものの平均値は，他の地区産のものと比較して，前者では雄が著しく小さく後者では雌がきわめて大きい。雄の方が尾鰭の長い事実はすでに松井（1934）および小林（1951）が報告した。

b．頭　　長

100・HL/Lの平均値は，雌では北海道(岩見沢市)産のものが最大で17.75，岡山産のものが最小で16.05であり，また雄では雌の場合と同様に北海道（岩見沢市）産のものが最大で17.80，岡山産のものが最小で16.19をそれぞれ示し各地区におけるその平均値は，雌雄ともに16.5～17.5の範囲に多く分布している(第3表)。雌雄の平均値間における差の信頼度（R）は福岡産および山口（平生町）産のものだけが有意であって，これらの平均値は前者では雌の方が，後者では逆に雄の方がそれぞれ大きい。福岡産のものにおける雌雄の平均値差およびその信頼度（R）は，他の地区のもののそれらに比べてきわめて大である。このように雌雄差の認められるのはごく限られた地区のものであって，頭長が必ずしも性徴差異を示すとはいい難い。

c．吻　　長

100・S/HLの平均値は，雌では長野（上田市）産のものが最大で44.56，新潟産のものが最小で38.51であり，また雄では鹿児島産のものが最大で44.48，千葉産のものが最小で39.70をそれぞれ示し，大多数のものでは平均値は雌雄ともに41.0～43.0の範囲内にある（第4表）。雌雄の平均値間における差の信頼度（R）は千葉産のものだけが有意であって，その平均値は雌の方が大きい。吻形は吻端が円いのや，鋭角をなすのや，その中間型もあって，連続的変異がみられ，それによって雌雄を判別することは困難であるが，概して雌の方が円い傾向がある。

d．口　鬚　長

口鬚は普通5対で，そのうち3対は上顎辺に，他の2対は下唇にあり，また下唇の第1口鬚（最前部の口鬚をさす。以下これにならう）の前部に1対の小突起がある。これらの鬚のうちでは上顎の第3口鬚が最も長く，他の口鬚長をこれと比較すると，上顎の第1，第2口鬚長は約4/5～5/5でわずかに短く，また下顎の第1口鬚長は約1/3～1/4，同じく第2口鬚長は約2/5～3/5である。上顎の第3口鬚長についての結果は第5表に示した。すなわち100・BL/Lは，雌では秋田産のものが最大で6.14，鹿児島産のものが最小で3.94，雄では香川産のものが7.40で最大，鹿児島産のものが雌の場合と同様に最小で3.90を示し，各地区のそれは，雌では，5.0～5.7，雄では5.0～7.5の範囲内に主として分布し，後者の方が前者よりも広範囲におよぶ。雌雄の平均値間における差の信頼度（R）は，16地区のうち山口（下関市および平生町），岡山，京都，和歌山，滋賀，千葉，長野（野沢町および上田市），新潟，宮城および秋田の12地区のものにおいて有意で，それらの平均値は千葉県のものを除くすべての地区のものにおいて雄の方が大きい。差異の最も顕著な地区は山口（下関市）産のものでその平均値は，雌5.38に対して雄6.81，両者の差異は1.43で信頼度（R）が13.09である。千葉産のものは雌の平均値の方が大きく，特異な結果を得た。この千葉産のもの

Table 2. Examination of the sexual difference in the proportion of total length to body length, (TL/L×100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	114.74 ±0.17	1.06 ±0.12	0.92 ±0.11	116.12 ±0.17	0.92 ±0.12	0.80 ±0.11	1.38	0.24	5.71
Yanagawa, Fukuoka	114.09 ±0.09	1.35 ±0.06	1.19 ±0.06	115.63 ±0.11	1.54 ±0.08	1.33 ±0.07	1.54	0.14	10.93
Shimonoseki, Yamaguchi	114.60 ±0.14	1.47 ±0.10	1.28 ±0.09	115.57 ±0.16	1.59 ±0.11	1.37 ±0.10	0.97	0.21	4.59
Hirao, Yamaguchi	114.33 ±0.12	1.57 ±0.09	1.38 ±0.08	116.86 ±0.18	1.92 ±0.13	1.64 ±0.11	2.53	0.22	11.57
Tamashima, Okayama	113.88 ±0.14	1.40 ±0.10	1.23 ±0.09	115.23 ±0.14	1.40 ±0.10	1.22 ±0.12	1.35	0.20	6.75
Shido, Kagawa	114.62 ±0.14	1.49 ±0.10	1.30 ±0.09	118.00					
Muko, Kyōto	116.25 ±0.16	1.46 ±0.12	1.26 ±0.10	117.50 ±0.20	1.59 ±0.13	1.36 ±0.11	1.25	0.25	4.92
Tanabe, Wakayama	115.00 ±0.30	1.43 ±0.22	1.25 ±0.19	114.88 ±0.36	1.49 ±0.25	1.30 ±0.22	0.13	0.47	0.27
Hikone, Shiga	114.90 ±0.11	1.15 ±0.08	1.00 ±0.07	116.57 ±0.30	1.73 ±0.21	1.48 ±0.18	1.67	0.32	5.23
Gamagōri, Aichi	117.28 ±0.23	1.92 ±0.16	1.63 ±0.14	117.00					
Chiba, Chiba	115.62 ±0.11	1.16 ±0.08	1.01 ±0.07	117.50 ±0.23	1.25 ±0.16	1.07 ±0.14	1.88	0.25	7.52
Nozawa, Nagano	115.66 ±0.12	1.25 ±0.08	1.08 ±0.07	116.78 ±0.24	1.89 ±0.17	1.62 ±0.14	1.12	0.26	4.23
Ueda, Nagano	114.82 ±0.14	1.50 ±0.10	1.31 ±0.09	115.95 ±0.17	1.75 ±0.12	1.51 ±0.10	1.13	0.21	5.29
Mizuhara, Niigata	114.30 ±0.14	1.31 ±0.10	1.14 ±0.09	116.93 ±0.24	1.98 ±0.17	1.70 ±0.15	2.63	0.28	9.37
Watanoha, Miyagi	115.52 ±0.14	1.34 ±0.10	1.16 ±0.08	117.13 ±0.19	1.11 ±0.13	0.95 ±0.11	1.60	0.23	6.90
Yumoto, Iwate	117.40 ±0.13	1.56 ±0.09	1.33 ±0.08	117.87 ±0.38	2.17 ±0.27	1.84 ±0.23	0.46	0.40	1.15
Oka, Akita	114.83 ±0.14	1.35 ±0.10	1.17 ±0.08	116.67 ±0.15	1.18 ±0.10	1.01 ±0.09	1.83	0.20	9.31
Hakodate, Hokkaido	114.59 ±0.17	1.40 ±0.12	1.22 ±0.10	115.92 ±0.25	1.63 ±0.18	1.41 ±0.15	1.33	0.30	4.38
Iwamizawa, Hokkaido	115.41 ±0.13	1.39 ±0.09	1.21 ±0.08	118.00					

Notes : All numerals in table are represented by the value, TL/L×100. M, mean ; σ, standard deviation ; C, coefficient of variation ; Pε, probable error. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 3. Examination of the sexual difference in the proportion of head length to body length, (HL/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	16.72 ±0.48	2.95 ±0.34	17.61 ±2.10	16.56 ±0.15	0.82 ±0.11	4.95 ±0.66	0.16	0.50	0.32
Yanagawa, Fukuoka	17.44 ±0.07	1.01 ±0.05	5.79 ±0.27	16.58 ±0.05	0.71 ±0.04	4.28 ±0.22	0.87	0.08	10.42
Shimonoseki, Yamaguchi	16.28 ±0.10	1.09 ±0.07	6.72 ±0.44	16.21 ±0.09	0.88 ±0.06	5.46 ±0.39	0.07	0.14	0.54
Hirao, Yamaguchi	16.58 ±0.05	0.62 ±0.03	3.71 ±0.20	17.00 ±0.08	0.84 ±0.06	4.96 ±0.33	0.42	0.09	4.72
Tamashima, Okayama	16.05 ±0.10	1.00 ±0.07	6.22 ±0.45	16.19 ±0.09	0.96 ±0.07	5.92 ±0.60	0.14	0.13	1.05
Shido, Kagawa	16.05 ±0.05	0.54 ±0.03	3.38 ±0.23	16.75					
Muko, Kyōto	17.25 ±0.08	0.69 ±0.05	3.98 ±0.32	16.95 ±0.09	0.74 ±0.06	4.35 ±0.36	0.30	0.11	2.66
Tanabe, Wakayama	17.30 ±0.13	0.61 ±0.09	3.54 ±0.53	16.56 ±0.24	1.03 ±0.17	6.21 ±1.05	0.74	0.28	2.68
Hikona, Shiga	16.90 ±0.08	0.80 ±0.05	4.71 ±0.32	16.98 ±0.09	0.51 ±0.06	3.02 ±0.37	0.08	0.12	0.70
Gamagōri, Aichi	17.44 ±0.11	0.92 ±0.08	5.25 ±0.44	17.30					
Chiba, Chiba	16.73 ±0.08	0.81 ±0.05	4.86 ±0.32	16.35 ±0.14	0.80 ±0.10	4.89 ±0.60	0.38	0.16	2.41
Nozawa, Nagano	17.04 ±0.06	0.58 ±0.04	3.42 ±0.23	16.98 ±0.09	0.76 ±0.07	4.49 ±0.39	0.06	0.11	0.51
Ueda, Nagano	16.99 ±0.09	0.95 ±0.06	5.56 ±0.38	16.74 ±0.06	0.65 ±0.04	3.91 ±0.26	0.25	0.11	2.29
Mizuhara, Niigata	16.81 ±0.10	0.89 ±0.07	5.31 ±0.40	17.31 ±0.08	0.68 ±0.06	3.95 ±0.34	0.50	0.13	3.98
Watanoha, Miyagi	17.44 ±0.08	0.82 ±0.06	4.72 ±0.35	17.25 ±0.19	0.90 ±0.11	5.23 ±0.62	0.19	0.20	0.95
Yumoto, Iwate	17.17 ±0.08	0.97 ±0.06	5.65 ±0.34	17.09 ±0.15	0.86 ±0.11	5.04 ±0.62	0.07	0.17	0.42
Oka, Akita	17.40 ±0.08	0.78 ±0.06	4.48 ±0.32	17.38 ±0.10	0.83 ±0.07	4.75 ±0.41	0.01	0.13	0.09
Hakodate, Hokkaido	17.27 ±0.10	0.82 ±0.07	4.77 ±0.40	17.09 ±0.14	0.89 ±0.10	5.20 ±0.57	0.17	0.16	1.06
Iwamizawa, Hokkaido	17.75 ±0.07	0.78 ±0.05	4.40 ±0.29	17.80					

Notes : All numerals in table are represented by the value, HL/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 4. Examination of the sexual difference in the proportion of snout length to head length, (S/HL×100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P_{\varepsilon})^2+(♂P_{\varepsilon})^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P_{\varepsilon})^2+(♂P_{\varepsilon})^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasaka, Kagoshima	42.13 ±0.50	3.08 ±0.36	7.31 ±0.84	44.48 ±0.47	2.50 ±0.33	5.62 ±0.74	2.35	0.69	3.42
Yanagawa, Fukuoka	41.39 ±0.19	2.89 ±0.14	6.97 ±0.33	42.07 ±0.21	2.93 ±0.15	6.97 ±0.35	0.68	0.28	2.38
Shimonoseki, Yamaguchi	39.42 ±0.30	3.79 ±0.25	9.62 ±0.64	39.96 ±0.37	3.62 ±0.26	9.06 ±0.65	0.53	0.51	1.04
Hirao, Yamaguchi	41.47 ±0.20	2.59 ±0.14	6.25 ±0.34	41.64 ±0.30	3.12 ±0.21	7.50 ±0.50	0.16	0.36	0.46
Tamashima, Okayama	41.50 ±0.20	1.98 ±0.14	4.77 ±0.35	42.02 ±0.29	2.96 ±0.21	7.05 ±0.72	0.52	0.35	1.47
Shido, Kagawa	43.07 ±0.22	2.33 ±0.16	5.41 ±0.36	42.00					
Muko, Kyōto	42.11 ±0.24	2.14 ±0.17	5.08 ±0.40	41.86 ±0.22	1.84 ±0.15	4.39 ±0.36	0.25	0.32	0.77
Tanabe, Wakayama	42.10 ±0.33	1.80 ±0.27	4.28 ±0.64	42.38 ±0.62	2.62 ±0.44	6.18 ±1.04	0.23	0.73	0.38
Hikone, Shiga	42.78 ±0.19	1.96 ±0.13	4.58 ±0.31	42.37 ±0.40	2.30 ±0.28	5.44 ±0.67	0.41	0.44	0.94
Gamagōri, Aichi	42.03 ±0.21	1.85 ±0.16	3.56 ±0.30	41.90					
Chiba, Chiba	42.34 ±0.23	2.41 ±0.16	5.70 ±0.38	39.70 ±0.44	2.51 ±0.31	6.31 ±0.78	2.64	0.49	5.38
Nozawa, Nagano	43.00 ±0.20	2.14 ±0.14	4.97 ±0.34	42.53 ±0.31	2.55 ±0.22	5.99 ±0.52	0.48	0.37	1.26
Ueda, Nagano	44.56 ±0.22	2.30 ±0.16	5.17 ±0.35	43.81 ±0.17	1.83 ±0.12	4.18 ±0.28	0.75	0.28	2.69
Mizuhara, Niigata	38.51 ±0.29	2.68 ±0.20	6.97 ±0.53	40.00 ±0.40	3.28 ±0.29	8.21 ±0.71	1.49	0.49	3.01
Watanoha, Miyagi	43.19 ±0.23	2.17 ±0.16	5.02 ±0.37	41.43 ±0.38	2.28 ±0.27	5.49 ±0.65	1.75	0.44	3.95
Yumoto, Iwate	40.02 ±0.18	2.07 ±0.13	5.16 ±0.31	39.87 ±0.40	2.29 ±0.28	5.75 ±0.71	0.18	0.44	0.42
Oka, Akita	42.59 ±0.21	2.09 ±0.15	4.90 ±0.35	43.23 ±0.29	2.32 ±0.20	5.37 ±0.47	0.64	0.35	1.83
Hakodate, Hokkaido	42.19 ±0.33	2.80 ±0.24	6.64 ±0.56	41.34 ±0.43	2.76 ±0.30	6.67 ±0.73	0.85	0.51	1.55
Iwamizawa, Hokkaido	42.91 ±0.16	1.73 ±0.11	4.02 ±0.26	43.40					

Notes : All numerals in table are represented by the value, S/HL×100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 5. Examination of the sexual difference in the proportion of barbel length to body length, (BL/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	3.94 ±0.16	0.78 ±0.11	19.82 ±2.88	3.90 ±0.10	0.50 ±0.07	12.74 ±1.96	0.04	0.19	0.19
Yanagawa. Fukuoka	5.29 ±0.08	0.79 ±0.05	14.83 ±1.02	5.66 ±0.07	0.75 ±0.05	13.28 ±0.91	0.36	0.11	3.47
Shimonoseki, Yamaguchi	5.38 ±0.07	0.61 ±0.05	11.38 ±0.88	6.81 ±0.09	0.72 ±0.06	10.59 ±0.92	1.43	0.11	13.09
Hirao, Yamaguchi	5.67 ±0.05	0.61 ±0.03	10.81 ±0.57	6.39 ±0.06	0.66 ±0.04	10.38 ±0.63	0.72	0.07	10.10
Tamashima, Okayama	4.58 ±0.06	0.63 ±0.05	13.71 ±1.03	5.48 ±0.07	0.73 ±0.05	13.30 ±0.94	0.90	0.10	9.49
Shido, Kagawa	5.22 ±0.06	0.63 ±0.04	12.10 ±0.83	7.40					
Muko, Kyōto	5.27 ±0.10	0.91 ±0.07	17.19 ±1.41	6.62 ±0.10	0.87 ±0.07	13.18 ±1.11	1.34	0.14	9.52
Tanabe, Wakayama	5.32 ±0.11	0.52 ±0.08	9.72 ±1.47	6.90 ±0.29	1.23 ±0.21	17.87 ±3.10	1.58	0.31	5.05
Hikone, Shiga	5.15 ±0.06	0.59 ±0.04	11.53 ±0.80	6.64 ±0.17	0.97 ±0.12	14.62 ±1.90	1.50	0.18	8.28
Gamagōri, Aichi	5.41 ±0.11	0.91 ±0.08	16.91 ±1.47	6.80					
Chiba, Chiba	5.11 ±0.10	1.05 ±0.07	20.44 ±1.43	4.09 ±0.28	1.34 ±0.16	32.81 ±4.44	1.03	0.25	4.05
Nozawa, Nagano	5.28 ±0.08	0.83 ±0.06	15.77 ±1.09	5.96 ±0.11	0.92 ±0.08	15.42 ±1.38	0.68	0.14	4.96
Ueda, Nagano	5.30 ±0.07	0.73 ±0.05	13.77 ±0.95	6.16 ±0.10	1.05 ±0.07	17.04 ±1.17	0.86	0.12	7.04
Mizuhara, Niigata	5.15 ±0.10	0.78 ±0.07	15.04 ±1.42	5.71 ±0.09	0.56 ±0.06	9.74 ±1.07	0.56	0.13	4.30
Watanoha, Miyagi	5.58 ±0.04	0.35 ±0.03	6.33 ±0.47	6.20 ±0.10	0.60 ±0.07	9.61 ±1.16	0.62	0.11	5.94
Yumoto, Iwate	5.12 ±0.08	0.77 ±0.06	15.02 ±1.13	5.11 ±0.12	0.71 ±0.08	13.95 ±1.39	0.01	0.14	0.05
Oka, Akita	6.14 ±0.07	0.66 ±0.05	10.70 ±0.77	7.01 ±0.10	0.82 ±0.07	11.62 ±1.03	0.87	0.12	7.40
Hakodate, Hokkaido	5.94 ±0.07	0.63 ±0.05	10.56 ±0.90	6.34 ±0.15	0.99 ±0.11	15.64 ±1.75	0.41	0.17	2.43
Iwamizawa, Hokkaido	5.57 ±0.08	0.85 ±0.05	15.23 ±1.01	6.50					

Notes : All numerals in table are represented by the value, BL/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are difined in Fig. 2.

を他の諸地区のものの平均値と比較すると雌ではほぼ一致するが雄ではきわめて小さい。

口鬚長における変異係数は口裂長の場合とともに，他の測定部位におけるよりも顕著に大きく，そのうちでも千葉産のものが最大で雌20.44，雄32.81で，前者の方が小さい。雄の口鬚は雌におけるより一般に細い。

e．口　裂　長

100・GL/Sの平均値は，雌では山口（下関市）産のものが最大で50.11，鹿児島産のものが最小で36.64，雄では北海道（函館市）産のものが最大で46.80，北海道（岩見沢市）産のものが最小で24.00を示す。また雌雄の平均値を比較すると，19地区のうち岩手，秋田および北海道（函館市）の3地区のものを除いた16地区のものでは雌の方が大きい（第6表）。しかし，これらのうち統計的に差異の認め られるのは山口（下関市）および京都の2地区のものだけで，福岡，和歌山，千葉，長野（野沢町），新潟および宮城の6地区のものでは，信頼度（R）が3以上の値を示し，その傾向がみられる。

f．体　　高

100・BH/Lの平均値は，雌では愛知産のものが最大で15.38，岩手産のものが最小で10.56，雄は香川産のものが15.50で最大，岩手県のものが雌の場合と同様に最小で11.17をそれぞれ示し，各地区におけるその平均値は雌雄ともに主として12.4～14.8の範囲に分布している（第7表）。雌雄の平均値間における差の信頼度（R）は福岡，千葉，長野（野沢町および上田市）および秋田の5地区のものにおいて有意と認められ，それらのうち平均値は長野の2地区のものでは雌の方が，また残りの3地区のものでは逆に雄の方が大きい。

g．体　　巾

100・BW/Lの平均値は，雌では和歌山産のものが最大で11.50，岩手産のものが最小で8.41，また雄では香川産のものが11.80で最大，岩手産のものが雌の場合と同じく最小で8.17を示し，各地区におけるその平均値は，雌では9.5～11.0，雄では9.3～11.0の範囲に主として分布している（第8表）。雌雄の平均値を比較すると，19地区のもののうち14地区のものでは雌の方が大きい。雌雄の平均値間における差の信頼度（R）は鹿児島，和歌山，滋賀，長野（野沢町および上田市）および北海道（函館市）の6地区のもので有意と認められ，それらのうち平均値は鹿児島産のものを除く5地区では雌の方が大きい。産卵期には生殖腺の発達により雌の下腹部は膨大となり，一見して性別を判断することができる。

h．背鰭の位置

100・DF/Lの平均値は，雌では愛知産のものが最大で58.81，新潟産のものが最小で56.46，また雄では雌の場合と同じく愛知産のものが最大で58.30，北海道（岩見沢市）産のものが55.00で最小値を示し，各地区のもののその平均値は，主として雌では56.5～58.0，雄では55.5～57.5の範囲内にある（第9表）。雌雄の平均値間における差の信頼度（R）は，16地区のうちで山口（下関市），岡山，京都，和歌山，滋賀，長野（上田市）宮城および北海道（函館市）の8地区のものにおいて有意であり，これらの平均値はいずれも雌の方が大きい。差異が顕著に現われるのは宮城および長野（上田市）産のもので，前者は雌で58.57，雄で56.19，その差異2.38で，その信頼度（R）は8.34を示す。後者は雌で57.96，雄では56.32，両者の差異は1.64，その信頼度は9.46である。平均値において雄の方が大きいのは19地区のうち，鹿児島および香川の2地区のものだけで，両者は統計学的にはいずれも差異が認められない。

i．胸鰭の位置

100・DF/Lの平均値は，雌および雄ともに北海道（岩見沢市）産のものが最大で，それぞれ18.55および19.30，同じく岡山産のものが最小で，それぞれ15.85および16.14である。各地区のものの平均値の大多数は雌では17.0～18.0，雄では17.0～18.5の範囲内にある（第10表）。雌雄の平均値を比較すると，19地区のうち13地区のものでは雄の方が大である。雌雄間にみられる平均値の差の信頼度（R）は福岡，山口（平生町），京都，滋賀および新潟の5地区のものにおいて有意と認められ，これらの平均値は福岡産のものでは雌の方が，残りの4地区のものではいずれも雄の方がそれぞれ大きい。雌雄間において平均値の差異が最も顕著なのは新潟産のもので，その平均値は雌で 17.14，雄で 18.50 を示し両者の差異は 1.37，信頼度は

Table 6. Examination of the sexual difference in the proportion of width of mouth to snout length in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	36.64 ±2.77	13.61 ±1.96	37.14 ±6.02	31.73 ±2.07	10.18 ±1.46	32.08 ±5.08	4.91	3.45	1.42
Yanagawa, Fukuoka	42.88 ±0.67	7.01 ±0.47	16.36 ±1.13	40.00 ±0.58	6.08 ±0.41	15.21 ±1.05	2.88	0.88	3.26
Shimonoseki, Yamaguchi	50.11 ±1.17	6.96 ±0.83	13.89 ±1.69	42.09 ±1.29	8.95 ±0.91	21.27 ±2.26	8.02	1.74	4.61
Hirao, Yamaguchi	44.43 ±0.47	5.54 ±0.46	12.47 ±1.05	42.22 ±0.61	6.32 ±0.45	14.98 ±1.10	2.20	0.77	2.87
Tamashima, Okayama	44.09 ±0.67	6.45 ±0.47	14.63 ±1.10	42.45 ±0.52	5.30 ±0.37	12.48 ±0.88	1.65	0.85	1.94
Shido, Kagawa	49.96 ±0.60	6.32 ±0.43	12.66 ±0.87	40.00					
Muko, Kyōto	47.72 ±0.93	8.27 ±0.66	17.33 ±1.42	40.64 ±0.75	6.42 ±0.53	15.79 ±1.34	7.09	1.20	5.92
Tanabe, Wakayama	47.20 ±1.37	6.42 ±0.97	13.60 ±2.09	39.50 ±1.63	6.84 ±1.15	17.32 ±3.01	7.70	2.13	3.62
Hikone, Shiga	42.10 ±0.62	6.48 ±0.47	15.39 ±1.13	38.86 ±1.48	8.20 ±1.13	21.10 ±3.03	3.25	1.60	2.02
Gamagōri, Aichi	48.81 ±1.01	8.44 ±0.71	17.29 ±1.50	45.00					
Chiba, Chiba	40.56 ±0.50	5.28 ±0.36	13.02 ±0.89	35.80 ±1.11	6.39 ±0.79	17.84 ±2.26	4.76	1.22	3.90
Nozawa, Nagano	37.60 ±0.67	7.04 ±0.47	18.73 ±1.31	34.47 ±0.67	5.46 ±0.48	15.85 ±1.41	3.13	0.95	3.30
Ueda, Nagano	41.92 ±0.62	6.54 ±0.44	15.61 ±1.08	40.65 ±0.69	7.27 ±0.48	17.88 ±1.23	1.27	0.93	1.38
Mizuhara, Niigata	41.49 ±0.57	5.18 ±0.41	12.50 ±1.01	38.47 ±0.62	5.00 ±0.44	13.01 ±1.15	3.02	0.84	3.59
Watanoha, Miyagi	36.67 ±0.83	7.95 ±0.58	21.68 ±1.67	33.37 ±0.71	4.20 ±0.50	12.57 ±1.52	3.29	1.09	3.03
Yumoto, Iwate	38.49 ±0.51	4.70 ±0.36	12.21 ±0.95	39.27 ±0.77	4.44 ±0.55	11.30 ±1.41	0.78	0.92	0.84
Oka, Akita	37.98 ±0.62	6.22 ±0.44	16.37 ±1.19	40.80 ±0.70	5.69 ±0.50	13.94 ±1.24	2.82	0.94	3.01
Hakodate, Hokkaido	46.56 ±0.88	7.38 ±0.62	15.84 ±1.37	46.80 ±1.10	7.29 ±0.78	15.59 ±1.70	0.24	1.41	0.17
Iwamizawa, Hokkaido	44.26 ±0.56	6.08 ±0.39	13.73 ±0.91	24.00					

Notes : All numerals in table are represented by the value, GL/S × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The width of mouth is abbreviated into GL.

Table 7. Examination of the sexual difference in the proportion of hight of body to body length, (BH/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P_{\varepsilon})^2+(♂P_{\varepsilon})^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P_{\varepsilon})^2+(♂P_{\varepsilon})^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	13.04 ±0.46	2.82 ±0.33	21.61 ±2.61	14.33 ±0.15	0.78 ±0.10	5.44 ±0.72	1.28	0.48	2.66
Yanagawa, Fukuoka	12.02 ±0.07	1.02 ±0.05	8.49 ±0.40	12.47 ±0.06	0.83 ±0.04	6.62 ±0.33	0.45	0.08	5.46
Shimonoseki, Yamaguchi	14.52 ±0.12	1.27 ±0.08	8.78 ±0.58	14.73 ±0.12	1.15 ±0.08	7.79 ±0.56	0.21	0.16	1.27
Hirao, Yamaguchi	12.55 ±0.07	0.97 ±0.05	7.69 ±0.42	12.59 ±0.06	0.68 ±0.05	5.38 ±0.36	0.04	0.09	0.47
Tamashima, Okayama	12.55 ±0.08	0.82 ±0.06	6.54 ±0.48	12.82 ±0.08	0.83 ±0.06	6.51 ±0.66	0.27	0.11	2.39
Shido, Kagawa	14.16 ±0.11	1.18 ±0.08	8.30 ±0.55	15.50					
Muko, Kyōto	14.28 ±0.13	1.18 ±0.09	8.29 ±0.66	14.25 ±0.09	0.80 ±0.07	5.61 ±0.47	0.03	0.16	0.18
Tanabe, Wakayama	15.25 ±0.33	1.57 ±0.24	10.26 ±1.56	13.81 ±0.34	1.44 ±0.24	10.43 ±1.78	1.44	0.48	3.02
Hikone, Shiga	13.89 ±0.09	0.99 ±0.07	7.15 ±0.48	13.65 ±0.26	1.52 ±0.19	11.13 ±1.38	0.24	0.28	0.87
Gamagōri, Aichi	15.38 ±0.15	1.24 ±0.10	8.09 ±0.68	14.40					
Chiba, Chiba	13.35 ±0.09	0.97 ±0.06	7.23 ±0.49	14.32 ±0.22	1.28 ±0.16	8.92 ±1.10	0.97	0.24	4.10
Nozawa, Nagano	13.75 ±0.13	1.39 ±0.09	10.13 ±0.69	12.80 ±0.12	0.94 ±0.08	7.38 ±0.64	0.95	0.17	5.49
Ueda, Nagano	13.42 ±0.11	1.19 ±0.08	8.87 ±0.60	12.88 ±0.07	0.71 ±0.05	5.54 ±0.37	0.54	0.13	4.30
Mizuhara, Niigata	11.30 ±0.10	0.98 ±0.07	8.67 ±0.65	11.43 ±0.11	0.86 ±0.08	7.55 ±0.66	0.13	0.14	0.92
Watanoha, Miyagi	12.60 ±0.10	0.98 ±0.07	7.77 ±0.57	13.06 ±0.13	0.75 ±0.09	5.72 ±0.68	0.47	0.16	2.96
Yumoto, Iwate	10.56 ±0.08	0.94 ±0.06	8.92 ±0.54	11.17 ±0.15	0.85 ±0.10	7.61 ±0.94	0.61	0.16	3.72
Oka, Akita	12.69 ±0.07	0.66 ±0.05	5.20 ±0.37	13.32 ±0.08	0.69 ±0.06	5.20 ±0.45	0.62	0.10	5.99
Hakodate, Hokkaido	13.59 ±0.08	0.71 ±0.06	5.24 ±0.44	14.01 ±0.14	0.92 ±0.10	6.59 ±0.72	0.42	0.16	2.56
Iwamizawa, Hokkaido	12.47 ±0.09	0.96 ±0.06	7.66 ±0.50	13.70					

Notes : All numerals in table are represented by the value, BH/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 8. Examination of the sexual difference in the proportion of body width to body length, (BW/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀\sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	10.04 ±0.16	0.96 ±0.11	9.51 ±1.10	10.98 ±0.14	0.77 ±0.10	7.05 ±0.93	0.94	0.21	4.48
Yanagawa, Fukuoka	9.29 ±0.04	0.61 ±0.03	6.53 ±0.31	9.30 ±0.05	0.65 ±0.03	6.94 ±0.35	0.01	0.05	0.13
Shimonoseki, Yamaguchi	11.17 ±0.11	1.14 ±0.08	10.21 ±0.68	10.63 ±0.10	0.95 ±0.07	8.92 ±0.64	0.55	0.14	3.89
Hirao, Yamaguchi	9.76 ±0.07	0.87 ±0.05	8.91 ±0.49	9.83 ±0.07	0.70 ±0.05	7.13 ±0.48	0.07	0.09	0.82
Tamashima, Okayama	9.74 ±0.07	0.70 ±0.05	7.20 ±0.52	9.61 ±0.08	0.78 ±0.05	8.08 ±0.82	0.13	0.10	1.27
Shido, Kagawa	10.84 ±0.08	0.84 ±0.06	7.72 ±0.52	11.80					
Muko, Ky to	10.93 ±0.12	1.03 ±0.08	9.41 ±0.75	10.49 ±0.08	0.67 ±0.05	6.34 ±0.54	0.49	0.13	3.67
Tanabe, Wakayama	11.50 ±0.26	1.21 ±0.18	10.52 ±1.60	10.06 ±0.22	0.93 ±0.16	8.78 ±1.48	1.44	0.34	4.26
Hikone, Shiga	10.68 ±0.09	0.92 ±0.06	8.63 ±0.58	9.48 ±0.12	0.68 ±0.08	7.17 ±0.88	1.20	0.14	8.48
Gamagōri, Aichi	10.86 ±0.10	0.80 ±0.07	7.36 ±0.62	9.50					
Chiba, Chiba	10.42 ±0.07	0.77 ±0.05	7.34 ±0.50	9.92 ±0.13	0.78 ±0.09	7.85 ±0.97	0.50	0.15	3.40
Nozawa, Nagano	10.03 ±0.11	1.11 ±0.07	11.03 ±0.75	8.75 ±0.08	0.66 ±0.06	7.52 ±0.65	1.28	0.13	9.85
Ueda, Nagano	10.48 ±0.10	1.09 ±0.07	10.40 ±0.73	9.73 ±0.06	0.68 ±0.05	6.97 ±0.46	0.75	0.11	6.57
Mizuhara, Niigata	8.83 ±0.08	0.75 ±0.06	8.54 ±0.64	8.51 ±0.10	0.78 ±0.07	9.11 ±0.79	0.32	0.12	2.62
Watanoha, Miyagi	10.33 ±0.07	0.71 ±0.05	6.91 ±0.51	10.19 ±0.09	0.53 ±0.06	5.17 ±0.62	0.15	0.11	1.34
Yumoto, Iwate	8.41 ±0.06	0.73 ±0.04	8.64 ±0.52	8.17 ±0.10	0.57 ±0.07	6.96 ±0.86	0.23	0.11	2.14
Oka, Akita	9.50 ±0.05	0.48 ±0.03	5.04 ±0.36	9.65 ±0.06	0.52 ±0.05	5.41 ±0.47	0.16	0.08	2.01
Hakodate, Hokkaido	10.20 ±0.08	0.85 ±0.05	6.41 ±0.54	9.57 ±0.11	0.71 ±0.08	7.43 ±0.81	0.64	0.13	5.06
Iwamizawa, Hokkaido	9.53 ±0.08	0.87 ±0.06	9.12 ±0.59	8.70					

Notes : All numerals in table are represented by the value, BW/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 9. Examination of the sexual difference in the proportion of position of dorsal fin to body length, (DF/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P_\varepsilon)^2+(♂P_\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P_\varepsilon)^2+(♂P_\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	56.81 ±0.19	1.19 ±0.14	2.09 ±0.24	57.87 ±0.32	1.72 ±0.23	2.98 ±0.39	1.06	0.37	2.82
Yanagawa, Fukuoka	57.58 ±0.09	1.39 ±0.07	2.41 ±0.11	57.27 ±0.10	1.46 ±0.07	2.54 ±0.13	0.31	0.13	2.30
Shimonoseki, Yamaguchi	57.05 ±0.16	1.75 ±0.12	3.06 ±0.20	55.99 ±0.15	1.43 ±0.10	2.56 ±0.18	1.06	0.22	4.90
Hirao, Yamaguchi	56.76 ±0.11	1.44 ±0.08	2.54 ±0.14	56.69 ±0.13	1.42 ±0.09	2.50 ±0.17	0.08	0.17	0.45
Tamashima, Okayama	56.91 ±0.15	1.50 ±0.11	2.63 ±0.19	56.03 ±0.11	1.08 ±0.08	1.94 ±0.20	0.88	0.18	4.76
Shido, Kagawa	56.97 ±0.12	1.30 ±0.09	2.29 ±0.15	57.00					
Muko, Kyōto	57.31 ±0.16	1.47 ±0.12	2.56 ±0.20	55.71 ±0.22	1.89 ±0.16	3.39 ±0.28	1.59	0.27	5.90
Tanabe, Wakayama	57.30 ±0.28	1.33 ±0.20	2.32 ±0.35	55.75 ±0.23	0.97 ±0.16	1.74 ±0.29	1.55	0.36	4.29
Hikone, Shiga	57.70 ±0.12	1.30 ±0.09	2.25 ±0.15	55.90 ±0.25	1.45 ±0.18	2.60 ±0.32	1.80	0.28	6.45
Gamagōri, Aichi	58.81 ±0.25	2.10 ±0.18	3.57 ±0.30	58.30					
Chiba, Chiba	57.90 ±0.12	1.22 ±0.08	2.10 ±0.14	57.37 ±0.19	1.09 ±0.13	1.89 ±0.23	0.53	0.22	2.43
Nozawa, Nagano	57.38 ±0.12	1.28 ±0.09	2.23 ±0.15	56.83 ±0.15	1.25 ±0.11	2.20 ±0.19	0.55	0.19	2.85
Ueda, Nagano	57.96 ±0.14	1.51 ±0.10	2.61 ±0.18	56.32 ±0.10	1.08 ±0.07	1.91 ±0.13	1.64	0.17	9.46
Mizuhara, Niigata	56.46 ±0.19	1.75 ±0.13	3.11 ±0.23	55.73 ±0.21	1.69 ±0.15	3.03 ±0.26	0.73	0.28	2.63
Watanoha, Miyagi	58.57 ±0.15	1.49 ±0.11	2.54 ±0.19	56.19 ±0.24	1.45 ±0.17	2.57 ±0.31	2.38	0.29	8.34
Yumoto, Iwate	58.73 ±0.14	1.64 ±0.10	2.80 ±0.17	57.40 ±0.33	1.91 ±0.24	3.33 ±0.41	1.33	0.36	3.69
Oka, Akita	57.23 ±0.17	1.66 ±0.12	2.91 ±0.21	56.57 ±0.14	1.12 ±0.10	1.98 ±0.17	0.67	0.21	3.14
Hakodate, Hokkaido	57.97 ±0.18	1.54 ±0.13	2.66 ±0.22	56.61 ±0.24	1.55 ±0.17	2.74 ±0.30	1.33	0.30	4.44
Iwamizawa, Hokkaido	57.26 ±0.13	1.45 ±0.09	2.54 ±0.16	55.00					

Notes : All numerals in table are represented by the value, DF/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 10. Examination of the sexual difference in the proportion of position of pectoral fin to body length, (PF/L×100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀ M	♀ σ	♀ C	♂ M	♂ σ	♂ C	M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
Kasasa, Kagoshima	17.34 ±0.12	0.71 ±0.08	4.11 ±0.48	18.17 ±0.23	1.25 ±0.17	6.89 ±0.91	0.84	0.26	3.24
Yanagawa, Fukuoka	17.39 ±0.08	1.20 ±0.06	6.88 ±0.32	16.96 ±0.07	1.01 ±0.05	5.97 ±0.30	0.44	0.10	4.20
Shimonoseki, Yamaguchi	16.38 ±0.09	0.99 ±0.18	6.04 ±0.40	16.91 ±0.10	1.00 ±0.07	5.90 ±0.42	0.53	0.13	3.99
Hirao, Yamaguchi	16.68 ±0.06	0.81 ±0.04	4.88 ±0.27	17.19 ±0.09	0.91 ±0.06	5.28 ±0.35	0.51	0.10	5.08
Tamashima, Okayama	15.85 ±0.10	0.96 ±0.07	6.07 ±0.44	16.14 ±0.09	0.94 ±0.07	5.81 ±0.59	0.29	0.13	2.22
Shido, Kagawa	16.56 ±0.07	0.71 ±0.05	4.26 ±0.28	17.25					
Muko, Kyōto	17.75 ±0.09	0.84 ±0.07	4.74 ±0.38	18.37 ±0.12	1.05 ±0.09	5.69 ±0.47	0.62	0.15	4.20
Tanabe, Wakayama	17.75 ±0.19	0.90 ±0.13	5.04 ±0.76	17.19 ±0.09	0.39 ±0.07	2.27 ±0.38	0.56	0.21	2.70
Hikone, Shiga	17.31 ±0.10	1.00 ±0.07	5.80 ±0.39	17.95 ±0.10	0.60 ±0.07	3.34 ±0.41	0.64	0.14	4.67
Gamagōri, Aichi	18.11 ±0.10	0.84 ±0.07	4.64 ±0.39	18.90					
Chiba, Chiba	17.33 ±0.08	0.83 ±0.06	4.80 ±0.32	17.62 ±0.12	0.67 ±0.08	3.81 ±0.47	0.29	0.14	2.10
Nozawa, Nagano	17.96 ±0.08	0.81 ±0.05	4.53 ±0.30	17.95 ±0.13	1.05 ±0.09	5.82 ±0.51	0.01	0.14	0.07
Ueda, Nagano	17.86 ±0.09	0.94 ±0.06	5.26 ±0.35	17.54 ±0.08	0.89 ±0.06	5.09 ±0.34	0.33	0.12	2.75
Mizuhara, Niigata	17.14 ±0.10	0.94 ±0.07	5.46 ±0.41	18.50 ±0.09	0.76 ±0.06	4.13 ±0.36	1.37	0.13	10.50
Watanoha, Miyagi	17.98 ±0.08	0.80 ±0.06	4.47 ±0.33	18.22 ±0.16	0.97 ±0.12	5.31 ±0.63	0.24	0.18	1.36
Yumoto, Iwate	17.62 ±0.09	1.06 ±0.06	6.00 ±0.36	17.60 ±0.20	1.16 ±0.14	6.58 ±0.81	0.02	0.22	0.10
Oka, Akita	18.06 ±0.07	0.73 ±0.05	4.06 ±0.33	17.98 ±0.11	0.86 ±0.07	4.75 ±0.41	0.08	0.13	0.62
Hakodate, Hokkaido	17.55 ±0.12	0.99 ±0.08	5.65 ±0.48	17.83 ±0.13	0.86 ±0.09	4.84 ±0.53	0.28	0.17	1.63
Iwamizawa, Hokkaido	18.55 ±0.07	0.73 ±0.05	3.94 ±0.25	19.30					

Notes : All numerals in table are represented by the value, PF/L×100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

10.50である。

j． 腹鰭の位置

100・VF/Lの平均値は，雌では愛知産のものが最大で60.69，岡山産のものが最小で58.58を示し，また雄では愛知産のものが雌の場合と同じく最大で61.50，最小は宮城産のもので57.81である。各地区のものの平均値の大多数は雌では59.4〜60.5，雄では58.5〜60.0の範囲内にある（第11表）。雌雄の平均値を比較すると，19地区のうち12地区のものでは雌の方が，6地区のものでは雄の方がそれぞれ大きく，そして残りの1地区のものでは雌雄の値が同一である。雌雄の平均値間における差の信頼度（R）は千葉産のものにおいてのみ有意であって，その平均値は雌の方が大きい。腹鰭基部は背鰭前端基部の真下よりやや後方に位置している。腹鰭の位置における雌雄間の平均値の差異と背鰭の位置におけるそれとを比較すると1・2の例外を除いて後者の方が大きく，統計的に差異の認められるのは，前者が1地区のものに過ぎないのに対して後者では8地区のものに及んでおり，背鰭は雌よりも雄の方が前方にある場合が多く，また腹鰭は雌雄ともにほぼ同一場所に位置するから，背鰭と腹鰭との前後の距離は一般的に雄の方が大きいと推察される。

k． 臀鰭の位置

100・AF/L の平均値において，愛知産のものが腹鰭の場合と同様に，雌雄ともに最大で，それぞれ77.03および78.20を示し，また最小値は雌では滋賀産のもので72.60，雄では北海道（岩見沢市）産のもので70.40をそれぞれ示す。各地区のものの平均値の大多数は雌では72.5〜75.0，雄では72.0〜74.0の範囲にある（第12表）。雌雄の平均値を比較すると19地区のうち，16地区のものでは雌の方が，残りの3地区のものでは雄の方がそれぞれ大きい。雌雄の平均値間における差の信頼度（R）は岡山，千葉，長野（野沢町および上田市）および宮城の5地区のものにおいて有意と認められ，それらの平均値はいずれも雌の方が大きい。雌雄間において平均値の差異が最も大きいのは千葉産のものでその平均値は雌で75.02，雄で73.00を示し両者の差異は2.05，信頼度は8.63である。

l． 肛門の位置

肛門は腹鰭と臀鰭との間にあるが，前者よりも後者に接近して開口する。100・A/Lの平均値は愛知産のものでは腹鰭や臀鰭の位置におけると同様に両性ともに最大で，雌では74.22，雄では75.00，また最小は雌では臀鰭の位置の場合と同じく滋賀産のもので70.10，雄は新潟産のもので68.77をそれぞれ示す。各地区のものの平均値の大多数は，雌では70.0〜73.0，雄では70.0〜72.0の範囲内にある（第13表）。雌雄の平均値を比較すると，19地区のうち14地区のものでは雌の方が，残りの5地区のものでは雄の方がそれぞれ大きい。雌雄間の平均値の差の信頼度（R）は千葉および長野の2地区（野沢町および上田市）のものにおいて有意であってそれらの平均値はすべて雌の方が大きい。この3地区は，前述した臀鰭の位置の場合においても，すべて有意差が認められ，しかも雌の平均値の方が大であった。このように臀鰭，肛門および腹鰭の各位置は相互に密接な関係が認められ，1・2の例外を除いて腹鰭が各地区のものの平均よりも後方にある地区のものでは臀鰭および肛門の位置も後方にあり，またその逆の場合もあてはまる。すなわち100・VF/L，100・A/L および100・AF/L の各平均値は，19地区のもののうちで岡山産のものが雌ではそれぞれ19・18・18位，雄では18・17・18位，新潟産のものが雌雄ともに16・19・17位，愛知産のものが同じくいずれも1位の大きさを示す。

m． 背鰭の長さ

100・DL/Lの平均値は，雌では愛知産のものが最大で10.59，千葉産のものが最小で7.94，また雄では愛知産のものが雌の場合と同様に最大で13.90，岡山産のものが最小で9.61である。各地区のものの平均値の大多数は雌では8.0〜9.5，雄では9.0〜11.5の範囲内にある（第14表）。平均値を性別に比較すると，すべての地区のものにおいて雄の方が大きく雌雄間の平均値の差の信頼度（R）は鹿児島を除くすべての地区のものにおいて有意と認められる。差異の顕著なのは山口（平生町），滋賀，新潟および宮城の各地区のもので，雌雄間における平均値の差は体長の2％以上におよび，同じく信頼度は14以上，山口（平生町）では

Table 11. Examination of the sexual difference in the proportion of position of pelvic fin to body length, (VF/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P_{\varepsilon})^2+(♂P_{\varepsilon})^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P_{\varepsilon})^2+(♂P_{\varepsilon})^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	59.66 ±0.24	1.44 ±0.17	2.41 ±0.28	61.29 ±0.37	2.00 ±0.26	3.26 ±0.43	1.63	0.44	3.70
Yanagawa, Fukuoka	59.65 ±0.09	1.41 ±0.07	2.36 ±0.11	59.49 ±0.12	1.63 ±0.08	2.74 ±0.14	0.16	0.14	1.13
Shimonoseki, Yamaguchi	59.79 ±0.20	2.17 ±0.14	3.62 ±0.24	59.64 ±0.17	1.71 ±0.12	2.87 ±0.21	0.15	0.27	0.57
Hirao, Yamaguchi	59.71 ±0.13	1.64 ±0.09	2.74 ±0.15	59.26 ±0.13	1.33 ±0.09	2.24 ±0.15	0.46	0.17	2.64
Tamashima, Okayama	58.58 ±0.14	1.39 ±0.10	2.37 ±0.17	58.31 ±0.30	1.24 ±0.09	2.12 ±0.22	0.27	0.36	0.75
Shido, Kagawa	59.48 ±0.12	1.32 ±0.09	2.22 ±0.15	59.50					
Muko, Kyōto	60.03 ±0.18	1.61 ±0.13	2.68 ±0.21	59.62 ±0.22	1.86 ±0.15	3.11 ±0.26	0.41	0.28	1.45
Tanabe, Wakayama	60.39 ±0.22	0.99 ±0.16	1.65 ±0.26	59.50 ±0.24	1.00 ±0.17	1.68 ±0.28	0.89	0.32	2.74
Hikone, Shiga	58.90 ±0.13	1.34 ±0.09	2.28 ±0.15	58.90 ±0.27	1.54 ±0.19	2.61 ±0.32	0.00	0.29	0.00
Gamagōri, Aichi	60.69 ±0.19	1.57 ±0.13	2.59 ±0.22	61.50					
Chiba, Chiba	60.38 ±0.13	1.41 ±0.10	2.34 ±0.16	58.90 ±0.26	1.50 ±0.18	2.54 ±0.31	1.48	0.29	5.12
Nozawa, Nagano	59.96 ±0.20	2.09 ±0.14	3.49 ±0.23	59.23 ±0.21	1.69 ±0.15	2.85 ±0.25	0.73	0.28	2.56
Ueda, Nagano	59.52 ±0.17	1.76 ±0.12	2.96 ±0.20	58.99 ±0.14	1.49 ±0.10	2.52 ±0.17	0.53	0.21	2.48
Mizuhara, Niigata	58.83 ±0.17	1.55 ±0.12	2.63 ±0.20	58.77 ±0.19	1.56 ±0.14	2.66 ±0.23	0.06	0.25	0.24
Watanoha, Miyagi	58.60 ±0.19	1.84 ±0.13	3.13 ±0.23	57.81 ±0.23	1.36 ±0.16	2.35 ±0.28	0.78	0.29	2.67
Yumoto, Iwate	60.54 ±0.17	1.98 ±0.12	3.27 ±0.20	59.80 ±0.30	1.75 ±0.22	2.93 ±0.36	0.74	0.35	2.14
Oka, Akita	59.54 ±0.21	2.04 ±0.15	3.43 ±0.24	59.77 ±0.14	1.12 ±0.10	1.88 ±0.16	0.22	0.24	0.91
Hakodate, Hokkaido	58.59 ±0.17	1.47 ±0.12	2.50 ±0.21	58.61 ±0.14	0.91 ±0.10	1.56 ±0.17	0.01	0.22	0.05
Iwamizawa, Hokkaido	59.54 ±0.14	1.55 ±0.10	2.60 ±0.17	60.10					

Notes : All numerals in table are represented by the value, VF/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 12. Examination of the sexual difference in the proportion of position of anal fin to body length, (AF/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	74.93 ±0.21	1.28 ±0.15	1.92 ±0.22	75.25 ±0.40	2.15 ±0.28	2.86 ±0.38	0.32	0.45	0.71
Yanagawa, Fukuoka	74.08 ±0.10	1.45 ±0.07	1.96 ±0.09	73.94 ±0.10	1.44 ±0.07	1.95 ±0.10	0.34	0.14	2.48
Shimonoseki, Yamaguchi	74.62 ±0.15	1.64 ±0.11	2.19 ±0.15	73.91 ±0.19	1.85 ±0.13	2.50 ±0.18	0.71	0.24	2.95
Hirao, Yamaguchi	73.53 ±0.12	1.54 ±0.08	2.09 ±0.11	72.96 ±0.15	1.56 ±0.10	2.14 ±0.14	0.57	0.18	3.11
Tamashima, Okayama	72.77 ±0.14	1.40 ±0.10	1.92 ±0.14	71.73 ±0.14	1.38 ±0.10	1.92 ±0.20	1.03	0.19	5.33
Shido, Kagawa	74.09 ±0.11	1.14 ±0.08	1.54 ±0.10	73.50					
Muko, Kyōto	74.86 ±0.19	1.70 ±0.13	2.27 ±0.18	73.71 ±0.23	1.95 ±0.16	2.64 ±0.22	1.15	0.29	3.91
Tanabe, Wakayama	74.70 ±0.31	1.47 ±0.22	1.98 ±0.30	73.00 ±0.36	1.50 ±0.25	2.05 ±0.35	1.70	0.47	3.59
Hikone, Shiga	72.60 ±0.14	1.50 ±0.10	2.07 ±0.14	72.83 ±0.30	1.70 ±0.21	2.33 ±0.29	0.23	0.33	0.71
Gamagōri, Aichi	77.03 ±0.22	1.82 ±0.15	2.36 ±0.20	78.20					
Chiba, Chiba	75.02 ±0.14	1.43 ±0.10	1.91 ±0.13	72.97 ±0.20	1.15 ±0.14	1.57 ±0.19	2.05	0.24	8.63
Nozawa, Nagano	74.80 ±0.15	1.47 ±0.10	1.97 ±0.13	73.80 ±0.17	1.42 ±0.12	1.92 ±0.17	1.00	0.22	4.53
Ueda, Nagano	74.56 ±0.15	1.54 ±0.10	2.07 ±0.14	73.56 ±0.11	1.16 ±0.08	1.58 ±0.11	1.00	0.18	5.53
Mizuhara, Niigata	73.00 ±0.16	1.46 ±0.11	2.00 ±0.15	72.23 ±0.25	2.26 ±0.18	2.85 ±0.25	0.77	0.30	2.59
Watanoha, Miyagi	74.45 ±0.19	1.81 ±0.13	2.43 ±0.18	73.13 ±0.21	1.22 ±0.15	1.67 ±0.20	1.33	0.28	4.79
Yumoto, Iwate	74.11 ±0.13	1.54 ±0.09	2.08 ±0.13	73.90 ±0.38	2.19 ±0.27	2.96 ±0.36	0.21	0.40	0.51
Oka, Akita	73.37 ±0.13	1.34 ±0.10	1.83 ±0.13	72.90 ±0.17	1.38 ±0.12	1.90 ±0.16	0.47	0.21	2.20
Hakodate, Hokkaido	73.31 ±0.22	1.81 ±0.15	2.47 ±0.21	72.50 ±0.29	1.89 ±0.21	1.61 ±0.29	0.81	0.36	2.25
Iwamizawa, Hokkaido	73.37 ±0.14	1.58 ±0.10	2.15 ±0.14	70.40					

Notes : All numerals in table are represented by the value, AF/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 13. Examination of the sexual difference in the proportion of position of anus to body length, (A/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀ M	♀ σ	♀ C	♂ M	♂ σ	♂ C	M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
Kasasa, Kagoshima	71.31 ±0.27	1.65 ±0.19	2.31 ±0.27	72.63 ±0.35	1.86 ±0.25	2.56 ±0.34	1.33	0.44	3.03
Yanagawa, Fukuoka	71.03 ±0.11	1.66 ±0.08	2.33 ±0.11	71.07 ±0.10	1.40 ±0.07	1.97 ±0.10	0.04	0.15	0 28
Shimonoseki, Yamaguchi	71.13 ±0.20	2.14 ±0.14	3.01 ±0.20	70.78 ±0.20	2.00 ±0.14	2.83 ±0.20	0.34	0.28	1.20
Hirao, Yamaguchi	70.28 ±0.11	1.45 ±0.08	2.07 ±0.11	70.07 ±0.16	1.66 ±0.11	2.37 ±0.16	0.21	0.19	1.13
Tamashima, Okayama	70.09 ±0.15	1.46 ±0.11	2.08 ±0.15	69.45 ±0.13	1.32 ±0.12	1.90 ±0.19	0.65	0.19	3.33
Shido, Kagawa	70.87 ±0.11	1.22 ±0.08	1.72 ±0.12	70.50					
Muko, Kyōto	71.22 ±0.18	1.58 ±0.12	2.21 ±0.18	70.92 ±0.27	2.27 ±0.19	3.20 ±0.27	0.30	0 32	0.94
Tanabe, Wakayama	72.40 ±0.34	1.58 ±0.24	2.18 ±0.33	72.00 ±0.73	3.04 ±0.51	4.22 ±0.71	0.40	0.80	0.50
Hikone, Shiga	70.10 ±0.15	1.58 ±0.11	2.25 ±0.15	70.83 ±0.30	1.70 ±0.21	2.40 ±0.29	0.73	0.33	2.22
Gamagōri, Aichi	74.22 ±0.23	1.89 ±0.16	2.55 ±0.21	75.00					
Chiba, Chiba	72.44 ±0.13	1.32 ±0.09	1.82 ±0.12	70.98 ±0.23	1.31 ±0.16	1.84 ±0.23	1.46	0.26	5.72
Nozawa, Nagano	72.66 ±0.13	1.42 ±0.10	1.95 ±0.13	71.77 ±0.17	1.41 ±0.12	1.97 ±0.17	0.89	0.22	4.13
Ueda, Nagano	71.98 ±0.13	1.42 ±0.10	1.97 ±0.13	71.13 ±0.11	1.22 ±0.08	1.72 ±0.11	0.85	0.17	4.96
Mizuhara, Niigata	69.40 ±0.17	1.57 ±0.12	2.25 ±0.17	68.77 ±0.24	1.99 ±0.17	2.89 ±0.36	0.63	0.30	2.13
Watanoha, Miyagi	71.24 ±0.19	1.81 ±0.13	2.54 ±0.19	70.44 ±0.18	1.09 ±0.13	1.54 ±0.18	0.80	0.26	3.08
Yumoto, Iwate	70.81 ±0.13	1.56 ±0.09	2.21 ±0.13	70.83 ±0.36	2.08 ±0.26	2.94 ±0.36	0.03	0.38	0.07
Oka, Akita	70.83 ±0.17	1.66 ±0.12	2.34 ±0.17	70.50 ±0.20	1.65 ±0.14	2.34 ±0.20	0.33	0.26	1.28
Hakodate, Hokkaido	70.84 ±0.23	1.93 ±0.16	2.73 ±0.23	70.19 ±0.26	1.66 ±0.18	2.36 ±0.26	0.66	0.34	1.93
Iwamizawa, Hokkaido	70.65 ±0.16	1.73 ±0.11	2.44 ±0.16	68.80					

Notes : All numerals in table are represented by the value, A/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 14. Examination of the sexual difference in the proportion of length of dorsal fin to body length, (DL/L×100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P_{\varepsilon})^2+(♂P_{\varepsilon})^2}$	$\frac{M♀\sim M♂}{\sqrt{(♀P_{\varepsilon})^2+(♂P_{\varepsilon})^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	8.90 ±0.22	0.68 ±0.08	7.64 ±0.88	9.87 ±0.19	1.00 ±0.13	10.16 ±1.36	0.97	0.29	3.36
Yanagawa, Fukuoka	8.36 ±0.04	0.66 ±0.03	7.87 ±0.37	9.40 ±0.06	0.80 ±0.04	8.51 ±0.43	1.01	0.07	16.06
Shimonoseki, Yamaguchi	9.12 ±0.08	0.90 ±0.06	9.87 ±0.65	10.39 ±0.09	0.88 ±0.06	8.48 ±0.61	1.27	0.12	10.77
Hirao, Yamaguchi	8.00 ±0.06	0.73 ±0.09	9.13 ±0.50	10.29 ±0.09	0.98 ±0.07	9.53 ±0.64	2.29	0.10	22.06
Tamashima, Okayama	8.51 ±0.09	0.85 ±0.06	9.94 ±0.72	9.61 ±0.07	0.73 ±0.05	7.60 ±0.77	1.09	0.11	10.04
Shido, Kagawa	8.38 ±0.06	0.68 ±0.05	8.09 ±0.54	10.85					
Muko, Kyōto	9.13 ±0.09	0.79 ±0.06	8.61 ±0.68	10.64 ±0.09	0.77 ±0.06	7.21 ±0.60	1.52	0.12	12.88
Tanabe, Wakayama	9.35 ±0.18	0.86 ±0.13	9.20 ±1.39	10.88 ±0.19	0.78 ±0.13	7.18 ±1.21	1.53	0.26	5.91
Hikone, Shiga	8.23 ±0.06	0.65 ±0.04	7.87 ±0.53	11.02 ±0.18	1.05 ±0.13	9.50 ±1.17	2.79	0.19	14.75
Gamagōri, Aichi	10.59 ±0.09	0.75 ±0.06	7.03 ±0.59	13.90					
Chiba, Chiba	7.94 ±0.06	0.68 ±0.05	8.54 ±0.58	9.32 ±0.16	0.91 ±0.11	9.78 ±1.20	1.38	0.17	8.25
Nozawa, Nagano	9.38 ±0.08	0.88 ±0.06	9.40 ±0.63	10.78 ±0.16	1.32 ±0.11	12.20 ±1.08	1.40	0.18	8.98
Ueda, Nagano	8.67 ±0.08	0.81 ±0.05	9.39 ±0.63	10.35 ±0.09	1.01 ±0.07	9.71 ±0.65	1.68	0.11	14.72
Mizuhara, Niigata	8.36 ±0.07	0.66 ±0.05	7.91 ±0.60	10.52 ±0.11	0.90 ±0.08	8.54 ±0.74	2.15	0.13	17.10
Watanoha, Miyagi	8.82 ±0.08	0.73 ±0.05	8.25 ±0.61	11.34 ±0.13	0.78 ±0.09	6.83 ±0.81	2.52	0.14	17.51
Yumoto, Iwate	9.19 ±0.08	0.88 ±0.05	9.59 ±0.57	10.47 ±0.18	1.01 ±0.12	9.62 ±1.18	1.27	0.19	6.81
Oka, Akita	8.51 ±0.07	0.75 ±0.05	8.82 ±0.63	9.68 ±0.08	0.66 ±0.06	6.77 ±0.59	1.18	0.10	11.41
Hakodate, Hokkaido	8.47 ±0.10	0.83 ±0.07	9.79 ±0.82	9.93 ±0.16	1.04 ±0.11	10.49 ±1.16	1.47	0.18	7.96
Iwamizawa, Hokkaido	8.94 ±0.07	0.72 ±0.05	8.01 ±0.52	11.20					

Notes : All numerals in table are represented by the value, DL/L×100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

22.06を示す。雄の方が背鰭の長いことはすでに内田（1939）および小林（1951）が報告した。

n．胸鰭の長さ

100・PL/Lの平均値は，雌では愛知産のものが最大で11.91，岡山産のものが最小で9.42，また雄では香川産のものが17.50で最大，滋賀産のものが14.39で最小である。各地区のものの平均値は主として雌では9.5〜11.0，雄では14.5〜17.0の範囲内にある（第15表）。平均値を性別に比較すると各地区ともに雄の方が大きく，雌雄間の平均値の差の信頼度（R）はすべての地区のものにおいて有意と認められる。差異の最も大きいのは山口（平生町）産のもので，その平均値は雌で9.75，雄で16.99，両者の差異は7.24，信頼度（R）は66.42，また最小は鹿児島産のもので，その平均値は雌で10.66，雄で14.87，両者の差異は4.20，信頼度は11.46である。

胸鰭の長さおよびその形はドジョウにおける性徴のうちで最も著しいものであって，林（1901），岡本（1921），H. Rendahl（1933），松井（1934），V. D. Vladykov（1935），池田（1936），内田（1939）および小林（1951）の諸氏がこれらの事実についてすでに記述している。

著者は水産講習所の養魚池において，他の実験目的で飼育中の魚および永田川産の標本によって，成長に伴う胸鰭の形状の変化を観察した（第3図）。すなわち，鰭は体長26 mmでは，各鰭条が分枝していないために細長く，鰭の先端はやや尖り，鰭条のうちでは第3鰭条が最も長い（第3図A）。第2から第7までの各鰭条は体長37 mmでは，その長さの約1/6が，さらに体長47 mmでは同じく約1/4がそれぞれ分枝し鰭の巾が広まる（第3図B）。体長53 mmになると，鰭の外形はほとんど変化しないが，雄では第2鰭条背片基部に三角形をした骨質薄板 lamina circularis が小突起として認められ，これによって雌雄の判別が可能となる（第3図C）。しかしこの体長の雄では lamina circularis がきわめて微細であり，またそれが出現していない個体もあって，正確に雌雄を見分けることは困難である。雄は体長58 mmでは，鰭の形はヘラ状となり，第2鰭条は他の鰭条より長く，また巾が広くなるが，各鰭条（第1鰭条を除く）の先端を結ぶ線，すなわち鰭の後縁よりも突出しない。lamina circularis は後方に板状に発達し，第3から第9軟条基部までをおおい，第1軟条の基部がわずかにふくらみ，鰭条の分枝は，その長さの約2/5となる（第3図D）。この大きさでは，雌雄の相違がほぼ正確に区別できる。同じく体長63 mmでは，鰭の形はペリカンのくちばしのようになり，第2鰭条は著しく発達して鰭の後縁より突出し，ために後縁はわずかに凹入する。したがって鰭の後下縁は円形を呈し，第1鰭条基部は膨張する（第3図E）。体長69 mmで鰭条の分枝は，その長さの約1/2となり，第2から第5までの各鰭条の先端部はわずかに再分枝する。体長85mmになると，第2から第8までの各鰭条はその長さの約7/10が分枝し，さらに第3から第6までの各鰭条はその長さの約1/4が再分枝する。そのため鰭の巾は増大して，鰭の形は定形に近づく（第3図F）。第3図のGとHはそれぞれ体長122 mmと121 mmの成魚の鰭で，同一環境下において飼育した魚の胸鰭の定形に2つの型があることを示している。すなわち両者は第1鰭条の長さにおいて著しく相違し，第2鰭条の長さに対するその割合は前者では70〜80%に対して，後者では50%以下であり，また第1・2鰭条で形造られる鰭の上縁の形状は，前者では滑らかな1つの曲線であるのに対して，後者では階段状である。鰭条の分枝の度合は，体長85 mmの場合よりも顕著で，再分枝鰭条は外方に向って大きく拡がる。一方，雌は体長56 mmでは47 mmの場合よりも鰭の巾がその長さに対して増大し，第2と第3鰭条の長さはほぼ等しく，第2鰭条基部は膨張せず，鰭の先端は円い（第3図I）。体長126 mmでは56 mmのものとほぼ同形にとどまる（第3図J）。このようにドジョウの胸鰭の形状は稚魚と成魚との間において，雌では基本的に一致するが，雄では著しい相違がみられる。

ここでは各地区から採集したものについての研究結果，雄の胸鰭の形を次のAからFの6型に分けた（第4図）。A型は笹の葉状で巾が狭く，鰭の上縁と後下縁とは近似的な曲線を呈する。鰭の長さに対するその巾の割合は，前述したように成長とともに増大し，また別報（久保田，1961 a）で述べるように，投餌量の多い群がが少ない群よりも大きいことなどから，鰭の形がきわめて細長いこの型は，6型のうちで最も基本的な形と思われる。B型は第3図Dと一致し，ヘラ状で，鰭の上縁よりも後下縁の方がふくらみが大きく，鰭

Table 15. Examination of the sexual difference in the proportion of length of pectoral fin to body length, (PL/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ～ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	10.66 ±0.13	0.77 ±0.09	7.23 ±0.84	14.87 ±0.35	1.86 ±0.25	12.49 ±1.68	4.20	0.37	11.46
Yanagawa, Fukuoka	9.87 ±0.09	1.34 ±0.06	13.60 ±0.64	14.90 ±0.10	1.34 ±0.07	9.01 ±0.46	5.03	0.13	39.93
Shimonoseki, Yamaguchi	10.70 ±0.08	0.83 ±0.06	7.73 ±0.51	16.28 ±0.13	1.24 ±0.09	7.58 ±0.55	5.58	0.14	38.76
Hirao, Yamaguchi	9.75 ±0.07	0.91 ±0.05	9.29 ±0.51	11.99 ±0.09	0.95 ±0.06	5.61 ±0.37	7.24	0.11	66.42
Tamashima, Okayama	9.42 ±0.07	0.72 ±0.05	7.68 ±0.56	16.03 ±0.11	1.16 ±0.08	7.20 ±0.73	6.61	0.13	50.87
Shido, Kagawa	10.10 ±0.06	0.62 ±0.04	6.15 ±0.41	17.50					
Muko, Kyōto	10.33 ±0.10	0.86 ±0.07	8.27 ±0.66	15.14 ±0.14	1.17 ±0.10	7.75 ±0.64	4.81	0.16	29.33
Tanabe, Wakayama	10.45 ±0.28	1.31 ±0.20	12.52 ±1.91	15.69 ±0.25	1.04 ±0.18	6.65 ±1.12	5.24	0.37	14.12
Hikone, Shiga	9.74 ±0.06	0.64 ±0.04	6.61 ±0.45	14.39 ±0.20	1.09 ±0.14	7.59 ±0.97	4.65	0.20	23.04
Gamagōri, Aichi	11.91 ±0.08	0.67 ±0.06	5.60 ±0.47	16.40					
Chiba, Chiba	10.20 ±0.07	0.70 ±0.05	6.88 ±0.47	16.18 ±0.12	1.18 ±0.15	7.30 ±0.90	5.98	0.21	27.96
Nozawa, Nagano	10.12 ±0.08	0.83 ±0.06	8.19 ±0.55	15.37 ±0.19	1.54 ±0.13	10.03 ±0.87	5.25	0.20	25.96
Ueda, Nagano	9.77 ±0.07	0.78 ±0.05	7.99 ±0.54	15.26 ±0.12	1.24 ±0.08	8.15 ±0.54	5.49	0.13	40.97
Mizuhara, Niigata	9.99 ±0.08	0.75 ±0.05	7.54 ±0.57	16.34 ±0.16	1.26 ±0.11	7.73 ±0.67	6.35	0.17	36.72
Watanoha, Miyagi	10.54 ±0.06	0.62 ±0.05	5.88 ±0.43	16.84 ±0.12	0.71 ±0.08	4.23 ±0.50	6.31	0.13	47.08
Yumoto, Iwate	10.96 ±0.07	0.87 ±0.05	7.92 ±0.48	17.07 ±0.16	0.95 ±0.12	5.54 ±0.68	6.11	0.18	34.70
Oka, Akita	10.26 ±0.08	0.81 ±0.06	7.85 ±0.56	15.07 ±0.13	1.09 ±0.09	7.25 ±0.63	4.81	0.15	31.83
Hakodate, Hokkaido	10.11 ±0.10	0.88 ±0.07	8.69 ±0.73	14.57 ±0.17	1.10 ±0.12	7.57 ±0.83	4.46	0.19	22.98
Iwamizawa, Hokkaido	9.95 ±0.06	0.71 ±0.05	7.08 ±0.46	15.40					

Notes : All numerals in table are represented by the value, PL/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

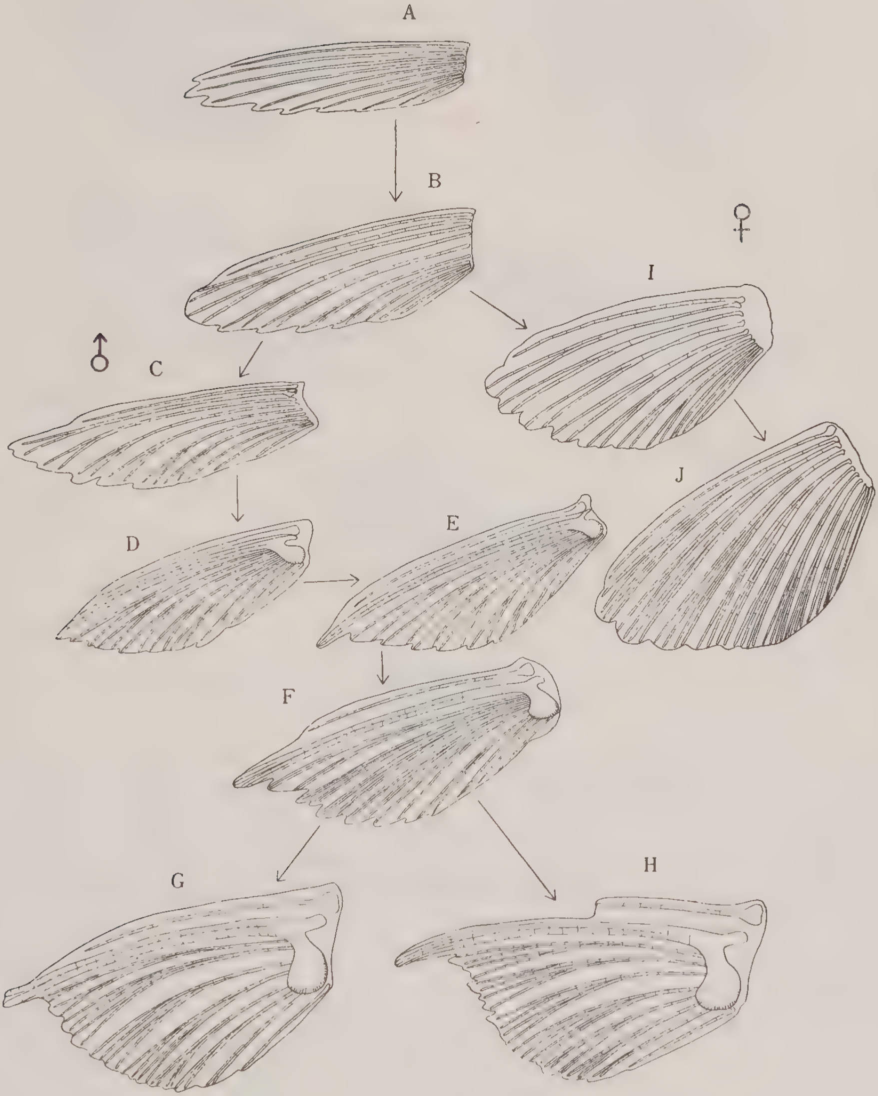

Fig. 3. Morphological change of the pectoral fin with growth of the fish.
Body length(mm) : A, 26 ; B, 47 ; C, 53 ; D, 58 ; E, 63 ; F, 85 ; G, 122 ; H, 121 ; I, 56 ; J, 126.

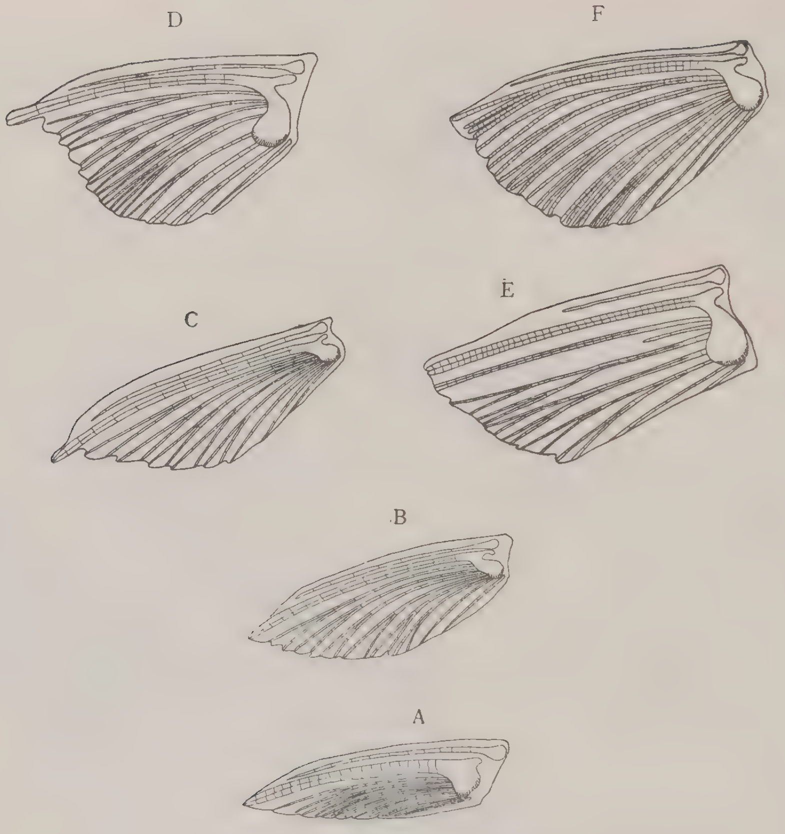

Fig. 4. Six typical types (A–F) of the pectoral fin in male loach.

の巾がさきのA型よりも広い。これら２型よりさらに進んだ形は，第２鰭条の先端が第１鰭条を除いた各鰭条の先端を結んだ線よりも突出する型と，突出しない型とに大別される。前者に属するのはCおよびD型，後者に属するのはEおよびF型である。C型はB型とよく似ているが，第２鰭条がよく発達し鰭の外縁より突出している点で相違する。D型は第３図Gと同形で，６つの型のうちでは最も進んだ形で，それとC型との差異は再分枝鰭条が存在し，鰭の巾が大きく，後縁から下縁にかけて円く，後下方に突出している諸点である。一方，E型はB型における後部鰭条がさらに伸長した形で裁断された平行四辺形の一面に似ている。F型はD型によく類似しており，鰭の後縁と下縁とのなす角はほぼ直角に近い。これは後者のうちでは最も発達した形であるが，前者のD型よりも基本型に近いと思われる。

各地区産の雄の胸鰭を上述した分類方法で選別し，各型に属する個体数の総数に対する百分率を求めた（第16表）。すなわち優占する胸鰭の型がA型に属するのは岩手のもののみ，またB型は愛知のものだけであるが（ただし供試魚は１尾），C型は鹿児島，福岡，千葉，長野（野沢町）および秋田の５地区，D型は山口（下関市および平生町），香川，京都，和歌山，長野（上田市），宮城および北海道（函館市）の８地区，E型はなく，F型は滋賀，北海道（岩見沢市，ただし供試魚は１尾）の２地区のものであり，AとCの２つの型が優占する区域は新潟，同じくCとD型が優占する区域は岡山である。このように優占する胸鰭の型は大多数の地区のものではC型またはD型であって，その他の型の分布する地区は稀である。第２鰭条の先端が尖るかまたは他の鰭条外縁よりも突出する型，すなわちA・B・C・D型に属するもののみが分布する地

Table 16. Geographical variation of pectoral fin types in male loach.

Station \ Type of pectoral fin	Number of individuals							Percentage						
	A	B	C	D	E	F	Sum	A	B	C	D	E	F	Sum.
Kasasa, Kagoshima	1		6				7	14		86				100
Yanagawa, Fukuoka			15				15			100				100
Shimonoseki, Yamaguchi			4	11			15			27	73			100
Hirao, Yamaguchi			4	11			15			27	73			100
Tamashima, Okayama			8	7			15			53	47			100
Shido, Kagawa				2			2				100			100
Muko, Kyōto			2	13			15			13	87			100
Tanabe, Wakayama			1	5		2	8			2	63		25	100
Hikone, Shiga				2	1	6	9				22	11	67	100
Gamagōri, Aichi		1					1		100					100
Chiba, Chiba	4		11				15	27		73				100
Nozawa, Nagano		2	7	5		1	15		13	47	33		7	100
Ueda, Nagano			1	13		1	15			7	87		7	101
Mizuhara, Niigata	7		7		1		15	47		47		7		101
Watanoha, Miyagi			6	9			15			40	60			100
Yumoto, Iwate	10		4	1			15	66		27	7			100
Oka, Akita	1	2	7	5			15	7	13	47	33			100
Hakodate, Hokkaido		2	1	8	1	3	15		13	7	53	7	20	100
Iwamizawa, Hokkaido						1	1						100	100

Note : For the marks of respective types of pectoral fin, see Fig. 4.

区は鹿児島，福岡，山口（下関市および平生町），岡山，香川，京都，愛知，千葉，宮城および岩手の11地区，また第2鰭条の先端が尖るかまたは突出しない型，すなわちA・B・E・F型に属するもののみが分布する地区は北海道（岩見沢市，ただし供試魚は1尾）だけである。突出する型としない型とが混って分布している地区は和歌山，滋賀，長野（野沢町および上田市），新潟，秋田および北海道（函館市）の7地区であって，和歌山以西では，B，EおよびF型の鰭を有する個体は見出されなかった。

雌の胸鰭の形には次の2つの型がある（第5図）。その1つ（A型）は大多数の地区で見られる形で，鰭

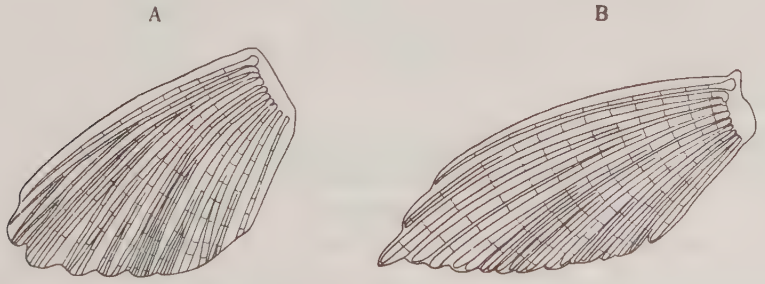

Fig. 5. Dimorphism of pectoral fin in female loach.

の巾はその長さの$^{1}/_{2}$〜$^{3}/_{4}$で広く，先端は円味を帯び，一見して雄の胸鰭と区別できる。他の1つ（B型）は千葉の一部および岩手・愛知からの個体にみられる特殊な形で，鰭の巾はその長さの$^{1}/_{4}$〜$^{2}/_{5}$で狭く，先端はやや尖り，鰭条の長さは第2または第3鰭条より下方の鰭条ほど短くなっているが，その度合はA型におけるよりも大きく，上述した雄のB型によく似ている。従って lamina circularis の有無を検しなければ雌雄の識別がつかない個体もある。

o．腹鰭の長さ

100・VL/Lの平均値は，雌では愛知産のものが最大で9.17，新潟産のものが最小で6.06，また雄では愛知産のものが雌の場合と同じく最大で，11.50，福岡産のものが最小で8.09である。各地区のものの平均値の大多数は雌では6.0〜8.0，雄では8.0〜11.0の範囲内にある（第17表）。平均値を性別に比較すると各地区ともに雄の方が大きく，雌雄間の平均値の差の信頼度（R）は，すべての地区において有意と認められる。これらのうち，平均値の雌雄差が最も大きいのは宮城のもので，体長の3.29％，同じく最も小さいのは福岡のもので1.26％，信頼度の最も大きいのは山口（平生町）のもので30.87，最も小さいのは和歌山のもので4.82をそれぞれ示す。雄の方が長い腹鰭をもつ事実は池田（1936），内田（1939）および小林（1951）の諸氏によってすでに報告されている。

p．臀鰭の長さ

100・AL/Lの平均値は，雌雄ともに愛知産のものが最大で，それぞれ9.99および12.80，また福岡産のものが最小で，それぞれ7.72および8.70である。各地区から得たもののうち愛知産のものは雌では尾鰭を，また雄では尾鰭および胸鰭を除いた各鰭の長さにおいて最大平均値を示し，福岡産のものは各鰭の長さにおいて最小値かあるいはそれに近い値を示した。このように各鰭の相対的長さは雌雄相互間において，また各鰭相互の間において関連性があるように思われる。各地区から得たものの平均値の大多数は雌では7.5〜9.0，雄では9.0〜10.5の範囲内にある（第18表）。平均値を性別に比較すると，いずれの地区のものでも雄の方が大きく，雌雄間の平均値の差の信頼度（R）は和歌山を除くすべての地区のもので有意と認められる。雌雄間の平均値の差が体長の2％以上に達したのは千葉，長野，新潟，宮城および秋田の5地区のもので，山口（平生町）および長野（野沢町）のものでは，ほぼそれに近い値を示し，また信頼度が大きいのは山口（平生町）および長野（上田市）のもので，それぞれ22.17および20.61である。雄の方が長い臀鰭をもつ事実は内田（1939）および小林（1951）の両氏がすでにそれぞれ報告している。

q．背鰭基底長

100・DB/Lの平均値は，雌では愛知産のものが他の地区のものよりも著しく大きく9.97，新潟産のものが最小で7.57，また雄では香川産のものが10.50で最大，つづいて愛知産のものが大きくて9.90，また最小は岩手産のもので7.39である。各地区別にみると平均値の大多数は雌では7.5〜9.0，雄では7.8〜9.0の範囲内にある（第19表）。平均値を性別に比較すると，19地区から得たもののうち15地区のものでは雄の方が，残りの4地区のもので逆に雌の方がそれぞれ大きい。雌雄間の平均値の差の信頼度（R）は山口（下関市），京都，宮城および秋田の4地区のものにおいて有意と認められ，それらの平均値はいずれも雄の方が大きい。しかし，これらの差異は体長の約0.4％程度で顕著ではなく，信頼度も4〜5の小さい値である。

r．臀鰭基底長

100・AB/Lの平均値は，雌では愛知産のものが最大で8.59，福岡産のものが最小で7.12，また雄では宮城産のものが最大で9.84，最小は雌の場合と同様に福岡産のもので7.67の値をそれぞれ示す。各地区別の平均値は主として雌では7.0〜8.5，雄では8.0〜9.5の範囲内にある（第20表）。これらの平均値は各地区とも雄の方が大きく，雌雄間の平均値の差の信頼度（R）は福岡，山口（下関市および平生町），岡山，京都，滋賀，千葉，長野（上田市および野沢町），新潟，宮城，岩手および秋田の13地区のもので有意と認められ，残る鹿児島，和歌山および北海道（函館市）の3地区のものでは信頼度の値が3以上で差異の傾向が認められる。雌雄間の平均値の差は宮城のものが最大で1.44，福岡のものが最小で0.55，信頼度は福岡，山口（平

Table 17. Examination of the sexual difference in the proportion of length of pelvic fin to body length, (VL/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ～ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	7.43 ±0.10	0.63 ±0.07	8.46 ±0.98	9.71 ±0.19	1.03 ±0.14	10.58 ±1.41	2.29	0.21	10.68
Yanagawa, Fukuoka	6.83 ±0.03	0.51 ±0.02	7.42 ±0.35	8.09 ±0.06	0.78 ±0.04	9.58 ±0.48	1.26	0.06	19.95
Shimonoseki, Yamaguchi	7.67 ±0.05	0.53 ±0.04	6.92 ±0.46	9.47 ±0.10	0.94 ±0.07	9.93 ±0.71	1.79	0.10	17.24
Hirao, Yamaguchi	7.01 ±0.04	0.56 ±0.03	8.05 ±0.44	9.57 ±0.08	0.84 ±0.06	8.78 ±0.59	2.56	0.08	30.87
Tamashima, Okayama	7.15 ±0.05	0.52 ±0.04	7.30 ±0.53	9.40 ±0.08	0.82 ±0.06	8.68 ±0.88	2.25	0.09	25.31
Shido, Kagawa	7.62 ±0.04	0.43 ±0.03	5.64 ±0.38	10.80					
Muko, Kyōto	7.67 ±0.06	0.57 ±0.05	7.46 ±0.59	9.83 ±0.13	1.13 ±0.09	11.49 ±0.97	2.16	0.14	15.00
Tanabe, Wakayama	8.36 ±0.27	1.17 ±0.19	14.04 ±2.28	9.88 ±0.18	0.74 ±0.12	7.49 ±1.26	1.51	0.31	4.82
Hikone, Shiga	7.43 ±0.06	0.59 ±0.04	7.94 ±0.54	10.05 ±0.16	0.95 ±0.12	9.40 ±1.16	2.62	0.17	15.41
Gamagōri, Aichi	9.17 ±0.05	0.42 ±0.04	4.55 ±0.38	11.50					
Chiba, Chiba	7.40 ±0.06	0.62 ±0.04	8.36 ±0.56	8.72 ±0.10	0.59 ±0.07	6.79 ±0.84	1.32	0.11	11.54
Nozawa, Nagano	7.49 ±0.08	0.81 ±0.05	10.87 ±0.74	9.67 ±0.21	1.67 ±0.15	17.23 ±1.55	2.18	0.22	10.08
Ueda, Nagano	7.13 ±0.06	0.63 ±0.04	8.82 ±0.59	9.62 ±0.09	0.94 ±0.06	9.81 ±0.65	2.49	0.10	24.92
Mizuhara, Niigata	6.06 ±0.06	0.56 ±0.04	9.25 ±0.70	8.77 ±0.14	1.13 ±0.10	12.91 ±1.59	2.70	0.15	18.27
Watanoha, Miyagi	7.52 ±0.05	0.50 ±0.04	6.69 ±0.49	10.81 ±0.12	0.70 ±0.08	6.51 ±0.78	3.29	0.12	26.96
Yumoto, Iwate	6.80 ±0.05	0.62 ±0.04	9.06 ±0.55	9.17 ±0.14	0.81 ±0.10	8.84 ±0.09	2.37	0.15	15.69
Oka, Akita	6.76 ±0.07	0.70 ±0.05	10.28 ±0.74	8.58 ±0.09	0.74 ±0.06	8.56 ±0.75	1.82	0.11	15.99
Hakodate, Hokkaido	6.99 ±0.07	0.63 ±0.05	8.95 ±0.75	8.70 ±0.12	0.79 ±0.09	9.13 ±1.00	1.71	0.17	10.06
Iwamizawa, Hokkaido	6.89 ±0.06	0.65 ±0.04	9.41 ±0.61	10.40					

Notes : All numerals in table are represented by the value, VL/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 18. Examination of the sexual difference in the proportion of length of anal fin to body length, (AL/L×100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀ M	♀ σ	♀ C	♂ M	♂ σ	♂ C	M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
Kasasa, Kagoshima	8.25 ±0.13	0.77 ±0.09	9.28 ±1.07	9.79 ±0.15	0.82 ±0.11	8.36 ±1.11	1.54	0.19	7.93
Yanagawa, Fukuoka	7.72 ±0.05	0.74 ±0.04	9.62 ±0.45	8.70 ±0.06	0.79 ±0.04	9.10 ±0.46	0.99	0.07	14.09
Shimonoseki, Yamaguchi	8.25 ±0.07	0.78 ±0.05	9.50 ±0.63	9.53 ±0.08	0.81 ±0.06	8.53 ±0.61	1.28	0.10	12.35
Hirao, Yamaguchi	7.74 ±0.05	0.71 ±0.04	9.16 ±0.50	9.72 ±0.08	0.84 ±0.06	8.59 ±0.57	1.97	0.09	22.17
Tamashima, Okayama	8.04 ±0.06	0.57 ±0.04	7.14 ±0.52	9.32 ±0.07	0.70 ±0.05	7.53 ±0.77	1.28	0.08	15.47
Shido, Kagawa	8.18 ±0.05	0.52 ±0.03	6.29 ±0.42	10.50					
Muko, Kyōto	8.24 ±0.08	0.70 ±0.06	8.52 ±0.68	10.02 ±0.11	0.93 ±0.08	9.28 ±0.77	1.79	0.13	13.75
Tanabe, Wakayama	9.10 ±0.21	1.00 ±0.01	11.00 ±1.68	9.75 ±0.23	0.97 ±0.16	9.93 ±1.67	0.65	0.31	2.09
Hikone, Shiga	8.31 ±0.06	0.66 ±0.04	7.94 ±0.54	10.08 ±0.20	1.15 ±0.14	11.40 ±1.43	1.77	0.20	8.70
Gamagōri, Aichi	9.99 ±0.08	0.65 ±0.05	6.51 ±0.55	12.80					
Chiba, Chiba	8.09 ±0.05	0.57 ±0.04	7.05 ±0.47	10.25 ±0.22	1.27 ±0.16	12.34 ±1.54	2.16	0.22	9.77
Nozawa, Nagano	8.53 ±0.07	0.72 ±0.05	8.43 ±0.57	10.43 ±0.13	1.10 ±0.10	10.53 ±0.93	1.90	0.14	13.22
Ueda, Nagano	8.12 ±0.07	0.71 ±0.05	8.69 ±0.59	10.18 ±0.08	0.83 ±0.06	8.14 ±0.54	2.06	0.10	20.61
Mizuhara, Niigata	7.79 ±0.09	0.81 ±0.06	10.43 ±0.79	10.07 ±0.12	1.00 ±0.09	9.91 ±0.86	2.28	0.14	15.83
Watanoha, Miyagi	8.18 ±0.07	0.69 ±0.05	8.39 ±0.62	10.31 ±0.14	0.85 ±0.10	8.20 ±0.98	2.14	0.15	13.87
Yumoto, Iwata	8.54 ±0.08	0.89 ±0.05	10.44 ±0.64	10.10 ±0.18	1.02 ±0.13	10.09 ±3.97	1.56	0.19	8.25
Oka, Akita	8.25 ±0.08	0.79 ±0.06	9.56 ±0.68	10.32 ±0.08	0.67 ±0.06	6.47 ±0.56	2.07	0.11	18.96
Hakodate, Hokkaido	8.53 ±0.09	0.75 ±0.06	8.79 ±0.74	9.59 ±0.13	0.86 ±0.09	8.95 ±0.98	1.06	0.15	6.89
Iwamizawa, Hokkaido	8.45 ±0.06	0.66 ±0.04	7.76 ±0.50	12.50					

Notes : All numerals in table are represented by the value, AL/L ×100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 19. Examination of the sexual difference in the proportion of basal length of dorsal fin to body length, (DB/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	8.13 ±0.16	0.96 ±0.11	11.84 ±1.39	8.87 ±0.14	0.74 ±0.10	8.32 ±1.10	0.73	0.20	3.59
Yanagawa, Fukuoka	7.75 ±0.04	0.61 ±0.03	7.84 ±0.37	7.89 ±0.04	0.56 ±0.03	7.05 ±0.36	0.15	0.04	3.34
Shimonoseki, Yamaguchi	8.06 ±0.07	0.75 ±0.05	9.36 ±0.62	8.56 ±0.09	0.83 ±0.06	9.74 ±0.70	0.50	0.11	4.58
Hirao, Yamaguchi	7.78 ±0.05	0.65 ±0.04	8.36 ±0.46	7.98 ±0.08	0.83 ±0.06	10.39 ±1.22	0.19	0.09	2.16
Tamashima, Okayama	8.17 ±0.06	0.61 ±0.04	7.45 ±0.54	8.30 ±0.06	0.66 ±0.05	7.92 ±0.81	0.13	0.08	1.58
Shido, Kagawa	8.56 ±0.07	0.77 ±0.05	9.03 ±0.60	10.50					
Muko, Kyōto	8.25 ±0.07	0.63 ±0.05	7.58 ±0.60	8.70 ±0.08	0.66 ±0.05	7.54 ±0.63	0.45	0.09	4.83
Tanabe, Wakayama	8.40 ±0.16	0.74 ±0.11	8.86 ±1.34	8.38 ±0.18	0.74 ±0.12	8.84 ±1.49	0.03	0.23	0.11
Hikone, Shiga	8.59 ±0.06	0.65 ±0.04	7.59 ±0.51	8.82 ±0.12	0.70 ±0.09	7.98 ±0.98	0.23	0.13	1.75
Gamagōri, Aichi	9.97 ±0.07	0.59 ±0.05	5.87 ±0.49	9.90					
Chiba, Chiba	8.48 ±0.06	0.62 ±0.04	7.30 ±0.49	8.92 ±0.11	0.65 ±0.08	7.29 ±0.90	0.44	0.12	3.58
Nozawa, Nagano	8.84 ±0.06	0.68 ±0.05	7.74 ±0.52	8.97 ±0.07	0.59 ±0.05	6.56 ±0.57	0.13	0.09	1.35
Ueda, Nagano	8.74 ±0.06	0.68 ±0.05	7.72 ±0.52	8.88 ±0.06	0.63 ±0.04	7.13 ±0.48	0.14	0.08	1.66
Mizuhara, Niigata	7.57 ±0.08	0.75 ±0.06	9.93 ±0.75	7.43 ±0.13	1.07 ±0.09	14.41 ±1.28	0.13	0.15	0.87
Watanoha, Miyagi	8.51 ±0.06	0.55 ±0.40	6.44 ±0.47	8.97 ±0.09	0.56 ±0.07	6.23 ±0.74	0.46	0.10	4.39
Yumoto, Iwate	7.61 ±0.06	0.64 ±0.04	8.44 ±0.51	7.39 ±0.15	0.86 ±0.11	11.57 ±0.37	0.22	0.15	1.45
Oka, Akita	8.17 ±0.05	0.49 ±0.03	6.05 ±0.43	8.51 ±0.07	0.59 ±0.05	6.96 ±0.61	0.34	0.08	4.07
Hakodate, Hokkaido	8.11 ±0.07	0.59 ±0.05	7.26 ±0.61	8.43 ±0.09	0.59 ±0.06	6.97 ±0.76	0.32	0.11	2.97
Iwamizawa, Hokkaido	8.01 ±0.06	0.69 ±0.04	8.65 ±0.56	8.40					

Notes : All numerals in table are represented by the value, DB/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 20. Examination of the sexual difference in the proportion of basal length of anal fin to body length, (AB/L×100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀ M	♀ σ	♀ C	♂ M	♂ σ	♂ C	M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
Kasasa, Kagoshima	7.54 ±0.08	0.49 ±0.06	6.46 ±0.75	8.87 ±0.03	1.77 ±0.23	19.93 ±2.74	1.32	0.34	3.90
Yanagawa, Fukuoka	7.12 ±0.03	0.40 ±0.02	5.59 ±0.26	7.67 ±0.05	0.64 ±0.03	8.33 ±0.35	0.55	0.05	10.81
Shimonoseki, Yamaguchi	7.59 ±0.05	0.58 ±0.04	7.59 ±0.50	8.39 ±0.08	0.79 ±0.06	9.36 ±0.67	0.80	0.09	8.99
Hirao, Yamaguchi	7.18 ±0.04	0.53 ±0.03	7.40 ±0.40	7.97 ±0.07	0.74 ±0.05	9.33 ±0.62	0.79	0.07	11.23
Tamashima, Okayama	7.71 ±0.05	0.49 ±0.04	6.36 ±0.46	8.41 ±0.06	0.58 ±0.04	6.93 ±0.70	0.71	0.07	10.09
Shido, Kagawa	7.81 ±0.05	0.52 ±0.03	7.34 ±0.49	9.00					
Muko, Kyōto	7.82 ±0.06	0.53 ±0.04	6.77 ±0.54	8.45 ±0.08	0.65 ±0.05	7.70 ±0.64	0.63	0.10	6.61
Tanabe, Wakayama	7.60 ±0.12	0.55 ±0.12	7.24 ±1.09	8.38 ±0.17	0.70 ±0.12	8.32 ±1.40	0.78	0.20	3.87
Hikone, Shiga	8.19 ±0.06	0.63 ±0.04	7.70 ±0.52	8.82 ±0.14	0.79 ±0.10	9.01 ±1.11	0.63	0.15	4.12
Gamagōri, Aichi	8.59 ±0.07	0.62 ±0.05	7.19 ±0.61	9.25					
Chiba, Chiba	8.01 ±0.04	0.43 ±0.03	5.33 ±0.36	9.22 ±0.12	0.74 ±0.09	8.05 ±0.99	1.21	0.13	9.57
Nozawa, Nagano	8.25 ±0.05	0.57 ±0.04	6.86 ±0.46	8.95 ±0.07	0.59 ±0.05	6.54 ±0.57	0.70	0.09	7.86
Ueda, Nagano	8.19 ±0.06	0.65 ±0.04	7.96 ±0.54	9.18 ±0.07	0.73 ±0.05	7.93 ±0.53	0.99	0.10	10.44
Mizuhara, Niigata	7.66 ±0.10	0.94 ±0.07	12.27 ±0.94	8.42 ±0.15	1.19 ±0.10	14.17 ±1.26	0.76	0.18	4.32
Watanoha, Miyagi	8.41 ±0.06	0.59 ±0.04	7.04 ±0.52	9.84 ±0.12	0.69 ±0.08	7.00 ±0.83	1.44	0.13	11.06
Yumoto, Iwate	7.73 ±0.06	0.65 ±0.04	8.43 ±0.51	8.41 ±0.10	0.59 ±0.07	6.98 ±0.86	0.69	0.11	6.03
Oka, Akita	8.43 ±0.05	0.50 ±0.04	5.89 ±0.42	9.23 ±0.07	0.61 ±0.05	6.64 ±0.58	0.81	0.08	9.58
Hakodate, Hokkaido	8.16 ±0.13	1.06 ±0.09	12.96 ±1.26	8.80 ±0.12	0.76 ±0.08	8.63 ±0.94	0.65	0.17	3.73
Iwamizawa, Hokkaido	8.03 ±0.05	0.56 ±0.04	6.96 ±0.45	9.75					

Notes : All numerals in table are represented by the value, AB/L×100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

生町)，岡山，長野（上田市）および宮城の各地区のものでは，それぞれ10〜12で比較的大きい値を示した。

100・AB/Lの平均値を雌雄別・地区別にみると，2，3の例外を除けば，雄で大きい値を示す地区のものは，雌でも大きい値を示し，反対に雄で小さい値を示す地区のものでは，雌でも小さい値を示す。つまり雌雄は平行的に地理的な変異を示す。またこの値は背鰭基底の相対長とも密接な関係があり，各地区のもののうち，前者の平均値の大きさの順位と後者のそれとはほぼ一致する。すなわち19地区のものを地区別に100・AB/Lの平均値の順位を雌と雄とについてみると，愛知産のものがそれぞれ1位と3位，長野（野沢町）産のものが2位と5位，山口（下関市），山口（平生町）および福岡産のものが両性ともにそれぞれ16・18・19位であり，また各地区における100・DB/Lの平均値の大きさの順位と100・AB/Lのそれとを比較すると，雌では両者ともに愛知産のものが最大，つづいて長野（野沢町），長野（上田市），滋賀，香川，宮城，千葉，和歌山，京都，秋田産の順位で，1位から10位までは完全に一致し，それ以下の順位では若干相違する。また雄では香川産のものが両者ともに1位，愛知産のものがそれぞれ2位と3位，宮城産のものが3位と4位，長野産のものが4位と5位，千葉産のものが5位と6位，長野（上田市）産のものが6位と7位，鹿児島産のものが7位と8位，滋賀産のものが8位と9位，京都産のものが9位と10位で，雌の場合とほぼ一致する。しかし北海道（岩見沢市）産のものでは13位と2位で，順位の差が大きいが，これは雄の標本数がきわめて少ないことによるものと思われる。

s．尾柄高

100・CP/Lの平均値は，雌では和歌山産のものが最大で11.35，新潟産のものが最小で8.10，また雄では愛知産のものが最大で11.60，新潟産のものが雌の場合と同様に最小で8.69をそれぞれ示す。各地区のものの平均値は，主として雌では9.0〜10.5，雄では9.5〜11.0の範囲内にある（第21表）。雌雄の平均値を比較すると，19地区のもののうち，長野（野沢町）産のものを除く18地区のものでは，雄の方が大きく，雌雄間の平均値の差の信頼度（R）は福岡，山口（下関市および平生町），岡山，京都，滋賀，千葉，長野（上田市），新潟および宮城の10地区のものにおいて有意と認められ，鹿児島，和歌山，長野（野沢町），岩手，秋田および北海道（函館市）の6地区のものでは有意と認められない。平均値の雌雄差の大きいのは滋賀および宮城産のもので，それぞれ1.00および0.92，また信頼度の大きいのは宮城，岡山および千葉産のもので，それぞれ7.81，7.64および7.00の値を示す。

t．肥満度

1000・W/L^{3}の平均値は，雌では和歌山産のものが最大で10.58，岩手産のものが最小で6.65，また雄では香川産のものが最大で10.10，最小は雌の場合と同じく岩手産のもので6.51をそれぞれ示し，各地区のものの平均値の大多数は，雌では7.5〜9.0，雄では8.0〜9.0の範囲内にある（第22表）。雌雄間の平均値の差の信頼度（R）は16地区のもののうち，山口（平生町）および長野（野沢町）の2地区のものにおいてのみ有意と認められ，それらの平均値は前者では雄，後者では反対に雌の方がそれぞれ大である。

以上，各項目別に検討してきたが，これらの諸結果をまとめて表に示した（第23表）。すなわち，各測定部位における雌雄間の平均値の差が統計的に認められたのは，16地区のもののうちで，胸鰭および腹鰭の各長さがそれぞれ16，背鰭および臀鰭の各長さが15，全長が14，臀鰭基底長および口鬚長が12，尾柄高が10，背鰭の位置が8，体巾が6，体高および胸鰭，臀鰭の各位置が5，背鰭基底長が4，肛門の位置が3，頭長，口裂長および肥満度が2，吻長および腹鰭の位置が1である。この結果から各地区のものに共通にみられる性徴をあげると，雌は雄よりも各鰭，口鬚ならびに臀鰭基底が短く，尾柄は低く，背鰭の位置は後方にある。統計的にではなくて，ただ単に雌雄について平均値を比較すると，雌の方が大きい値を示す地区は16地区のうち，体巾で12地区，臀鰭，肛門および腹鰭の各位置でそれぞれ14・12・12地区，口裂長で13地区で，これらに上述の統計的に差異が認められた地区数を加味すると，雄よりも雌の方が体巾が広く，背鰭基底が短く，臀鰭，腹鰭および肛門の各位置がおのおの後方にある傾向を認めることができよう。

雄雌間の平均値の差異が統計的に認められた形質数を各地区別に比較すると，測定した20形質のうち千葉

Table 21. Examination of the sexual difference in the proportion of hight of caudal peduncle to body length, (CP/L × 100), in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀P\varepsilon)^2+(♂P\varepsilon)^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	9.72 ±0.16	0.99 ±0.11	10.20 ±1.19	10.29 ±0.10	0.72 ±0.10	6.97 ±0.92	0.57	0.21	2.74
Yanagawa, Fukuoka	9.29 ±0.04	0.64 ±0.03	6.88 ±0.32	9.53 ±0.03	0.66 ±0.03	6.96 ±0.35	0.24	0.05	4.44
Shimonoseki, Yamaguchi	10.58 ±0.07	0.76 ±0.05	7.22 ±0.48	11.26 ±0.08	1.09 ±0.08	9.71 ±0.70	0.69	0.13	5.27
Hirao, Yamaguchi	9.79 ±0.05	0.61 ±0.03	6.27 ±0.34	10.15 ±0.04	0.66 ±0.04	6.47 ±0.43	0.36	0.07	5.16
Tamashima, Okayama	9.00 ±0.06	0.61 ±0.04	6.77 ±0.49	9.63 ±0.05	0.70 ±0.05	7.22 ±0.73	0.63	0.08	7.64
Shido, Kagawa	10.13 ±0.06	0.64 ±0.04	6.29 ±0.42	12.20					
Muko, Kyōto	10.46 ±0.09	0.82 ±0.06	7.84 ±0.62	11.04 ±0.08	0.93 ±0.08	8.43 ±0.70	0.58	0.14	4.24
Tanabe, Wakayama	11.35 ±0.21	0.97 ±0.15	8.55 ±1.29	11.50 ±0.12	0.71 ±0.12	6.15 ±1.04	0.15	0.26	0.57
Hikone, Shiga	9.82 ±0.07	0.69 ±0.05	6.99 ±0.47	10.82 ±0.10	0.84 ±0.10	7.76 ±0.96	1.00	0.16	6.31
Gamagōri, Aichi	10.99 ±0.11	0.90 ±0.08	8.21 ±0.69	11.60					
Chiba, Chiba	9.19 ±0.06	0.67 ±0.04	7.28 ±0.49	10.02 ±0.08	0.63 ±0.08	6.28 ±0.77	0.83	0.12	7.00
Nozawa, Nagano	10.60 ±0.10	1.09 ±0.07	10.32 ±0.70	10.57 ±0.08	0.95 ±0.08	9.02 ±0.79	0.03	0.15	0.23
Ueda, Nagano	10.10 ±0.07	0.76 ±0.05	7.50 ±0.51	10.64 ±0.05	0.81 ±0.05	7.64 ±0.51	0.54	0.10	5.42
Mizuhara, Niigata	8.10 ±0.07	0.67 ±0.05	8.26 ±0.62	8.69 ±0.07	0.76 ±0.07	8.74 ±0.76	0.59	0.11	5.20
Watanoha, Miyagi	10.05 ±0.07	0.65 ±0.05	6.43 ±0.47	10.97 ±0.07	0.61 ±0.07	5.59 ±0.67	0.92	0.12	7.81
Yumoto, Iwate	8.46 ±0.05	0.58 ±0.03	6.81 ±0.41	8.77 ±0.08	0.67 ±0.08	7.66 ±0.94	0.31	0.12	2.56
Oka, Akita	9.86 ±0.06	0.60 ±0.04	6.13 ±0.44	10.25 ±0.07	0.76 ±0.07	7.44 ±0.65	0.39	0.10	3.74
Hakodate, Hokkaido	10.67 ±0.08	0.66 ±0.06	6.22 ±0.52	11.12 ±0.09	0.79 ±0.09	7.12 ±0.78	0.45	0.14	3.16
Iwamizawa, Hokkaido	9.53 ±0.06	0.67 ±0.04	6.98 ±0.45	10.40					

Notes : All numerals in table are represented by the value, CP/L × 100. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. The positions measured are defined in Fig. 2.

Table 22. Examination of the sexual difference in fatness, in an attempt to discuss whether this can be taken up as one of the sexual dimorphisms or not.

Station	♀			♂			M♀ ~ M♂	$\sqrt{(♀ P_{\varepsilon})^2 + (♂ P_{\varepsilon})^2}$	$\frac{M♀ \sim M♂}{\sqrt{(♀ P_{\varepsilon})^2 + (♂ P_{\varepsilon})^2}}$
	M	σ	C	M	σ	C			
Kasasa, Kagoshima	7.51 ±0.19	1.07 ±0.14	14.28 ±1.86	8.28 ±0.17	0.86 ±0.12	10.32 ±1.44	0.77	0.25	3.04
Yanagawa, Fukuoka	7.89 ±0.06	0.81 ±0.04	10.25 ±0.53	8.02 ±0.06	0.84 ±0.04	10.48 ±0.52	0.13	0.08	1.71
Shimonoseki, Yamaguchi	8.86 ±0.24	1.75 ±0.17	19.75 ±1.96	9.29 ±0.16	1.22 ±0.12	13.14 ±1.27	0.43	0.29	1.50
Hirao, Yamaguchi	8.08 ±0.07	0.96 ±0.05	11.85 ±0.63	8.58 ±0.07	0.87 ±0.05	10.19 ±0.62	0.50	0.10	5.00
Tamashima, Okayama	8.09 ±0.09	0.91 ±0.07	11.24 ±0.83	8.15 ±0.09	0.89 ±0.06	10.94 ±0.76	0.06	0.13	0.48
Shido, Kagawa	8.94 ±0.11	1.12 ±0.07	12.52 ±0.85	10.10					
Muko, Kōyto	9.58 ±0.16	1.41 ±0.11	14.69 ±1.20	9.38 ±0.13	1.14 ±0.09	12.18 ±1.03	0.19	0.21	0.93
Tanabe, Wakayama	10.58 ±0.31	1.45 ±0.22	13.68 ±2.10	9.08 ±0.31	1.31 ±0.22	14.38 ±2.47	1.51	0.44	3.45
Hikone, Shiga	8.58 ±0.09	0.91 ±0.06	10.66 ±0.73	8.09 ±0.18	0.68 ±0.08	8.35 ±1.03	0.49	0.20	2.49
Gamaōgri, Aichi	10.18 ±0.17	1.40 ±0.12	13.76 ±1.18	9.10					
Chiba, Chiba	8.29 ±0.09	0.95 ±0.06	11.46 ±0.79	8.59 ±0.20	1.15 ±0.14	13.43 ±1.68	0.31	0.22	1.40
Nozawa, Nagano	8.56 ±0.12	1.31 ±0.09	15.26 ±1.05	7.33 ±0.11	0.87 ±0.08	11.89 ±1.05	1.23	0.16	7.66
Ueda, Nagano	8.74 ±0.12	1.21 ±0.08	13.89 ±0.96	8.23 ±0.07	0.72 ±0.05	8.72 ±0.59	0.51	0.13	3.90
Mizuhara, Niigata	6.87 ±0.08	0.74 ±0.06	10.80 ±0.79	6.68 ±0.11	0.86 ±0.07	12.80 ±1.13	0.19	0.13	1.46
Watanoha, Miyagi	8.46 ±0.11	1.01 ±0.07	11.95 ±0.89	8.45 ±0.16	0.97 ±0.12	11.49 ±1.39	0.01	0.20	0.09
Yumoto, Iwate	6.65 ±0.06	0.81 ±0.05	12.17 ±0.70	6.51 ±0.14	0.83 ±0.10	12.70 ±1.59	0.14	0.16	0.88
Oka, Akita	8.02 ±0.07	0.73 ±0.05	9.13 ±0.65	8.14 ±0.09	0.74 ±0.06	9.12 ±0.80	0.12	0.11	1.09
Hakodate, Hokkaido	8.93 ±0.10	0.83 ±0.07	9.34 ±0.80	8.71 ±0.15	0.99 ±0.11	11.31 ±1.26	0.22	0.18	1.18
Iwamizawa, Hokkaido	7.62 ±0.07	0.74 ±0.05	9.67 ±0.63	7.60					

Notes : All numerals in table are represented by the value, $W/L^3 \times 1000$. The same abbreviations as Table 2 are also adopted. Body weight is represented as W (g), while body length is as L (cm).

Table 23. Characteristics capable of being taken up as the sexual characters in specimens obtained from respective stations, as the summary of the results represented in Tables 2～22 except for Table 16.

Station ＼ Character	TL/L	HL/L	S/HL	BL/L	GL/S	BH/L	BW/L	DF/L	PF/L
Kasasa, Kagoshima	♂>♀						♂>♀		
Yanagawa, Fukuoka	♂>♀	♀>♂				♂>♀			♀>♂
Shimonoseki, Yamaguchi	♂>♀			♂>♀	♀>♂			♀>♂	
Hirao, Yamaguchi	♂>♀	♂>♀		♂>♀					♂>♀
Tamashima, Okayama	♂>♀			♂>♀				♀>♂	
Muko, Kyōto	♂>♀			♂>♀	♀>♂			♀>♂	♂>♀
Tanabe, Wakayama				♂>♀			♀>♂	♀>♂	
Hikone, Shiga	♂>♀			♂>♀			♀>♂	♀>♂	♂>♀
Chiba, Chiba	♂>♀		♀>♂	♀>♂		♂>♀			
Nozawa, Nagano	♂>♀			♂>♀		♀>♂	♀>♂		
Ueda, Nagano	♂>♀			♂>♀		♀>♂	♀>♂	♀>♂	
Mizuhara, Niigata	♂>♀			♂>♀					♂>♀
Watanoha, Miyagi	♂>♀			♂>♀				♀>♂	
Yumoto, Iwate									
Oka, Akita	♂>♀			♂>♀		♂>♀			
Hakodate, Hokkaido	♂>♀						♀>♂	♀>♂	
Number of stations showing significant difference	14	2	1	12	2	5	6	8	5
Number of stations showing the relation, ♂>♀	14	1	0	11	0	3	1	0	4
Number of stations showing the relation, ♀>♂	0	1	1	1	2	2	5	8	1

Note : For the characters, see Fig. 2.

産のもので13で最も多く，つづいて京都産および長野（上田市および野沢町）産のものでそれぞれ12，山口（下関市および平生町），滋賀および宮城産のもので11，福岡および岡山産のもので10，新潟産および秋田産のもので9，北海道（函館市）産のもので7，和歌山産のもので6，鹿児島産および岩手産のものでそれぞれ5で最も少ない。

B．主な性徴の発現と魚体の大きさとの関係

さきの項で明らかにしたように雌雄差が顕著に現われる背鰭，胸鰭，臀鰭，腹鰭，臀鰭基底および口髭の各長さと体長との関係を示すと第6図の通りである。図示した範囲の魚体の大きさでは，両者の関係は雌雄ともに直線で示されるから，y を各部分の長さ x を体長として，実験式 $y = ax + b$ の係数値 a および b の値を最小自乗法によって計算し（第24表），これらの値を基にして各形質の性徴発現体長を求めた。すなわち，その体長は調査部位のうちでは，胸鰭の長さが最小で58 mm，ついで口髭長が70 mm，臀鰭基底長が75 mm，臀鰭の長さが 81 mm，そして背鰭の長さが最大で83 mmである。このように各性徴の発現は，同時に起るのではなくて，形質によってかなりの相違がみられる。

VF/L	AF/L	A/L	DL/L	PL/L	VL/L	AL/L	DB/L	AB/L	CP/L	F	Number of characters with significant difference
				♂>♀	♂>♀	♂>♀					5
			♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		♂>♀	♂>♀		10
			♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		11
			♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		♂>♀	♂>♀	♂>♀	11
	♀>♂		♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		♂>♀	♂>♀		10
			♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		12
			♂>♀	♂>♀	♂>♀						6
			♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		♂>♀	♂>♀		11
♀>♂	♀>♂	♀>♂	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		♂>♀	♂>♀		13
	♀>♂	♀>♂	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		♂>♀		♀>♂	12
	♀>♂	♀>♂	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀			♂>♀		12
			♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		♂>♀	♂>♀		9
	♀>♂		♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		11
			♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀		♂>♀			5
			♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀			9
			♂>♀	♂>♀	♂>♀	♂>♀					7
1	5	3	15	16	16	15	4	12	10	2	
0	0	0	15	16	16	15	4	12	10	1	
1	5	3	0	0	0	0	0	0	0	1	

Table 24. The constants of the regression equations of the values of respective characters on body length and the theoretically estimated shortest body length distinguishable the sexual differentiation.

Character \ Constant \ Sex	♀ a	♀ b	♂ a	♂ b	Estimated shortest body length (mm)
DL	0.77	1.33	1.23	−2.31	83
PL	0.75	3.26	1.99	−3.86	58
AL	0.76	0.50	1.27	−3.59	78
VL	0.67	0.73	1.53	−6.17	81
AB	0.87	−1.59	1.19	−3.82	75
BL	0.53	0.29	1.00	−3.00	70

Notes : The regression equation is represented by (value of character) = a(body length) + b. For the characters, see Fig. 2.

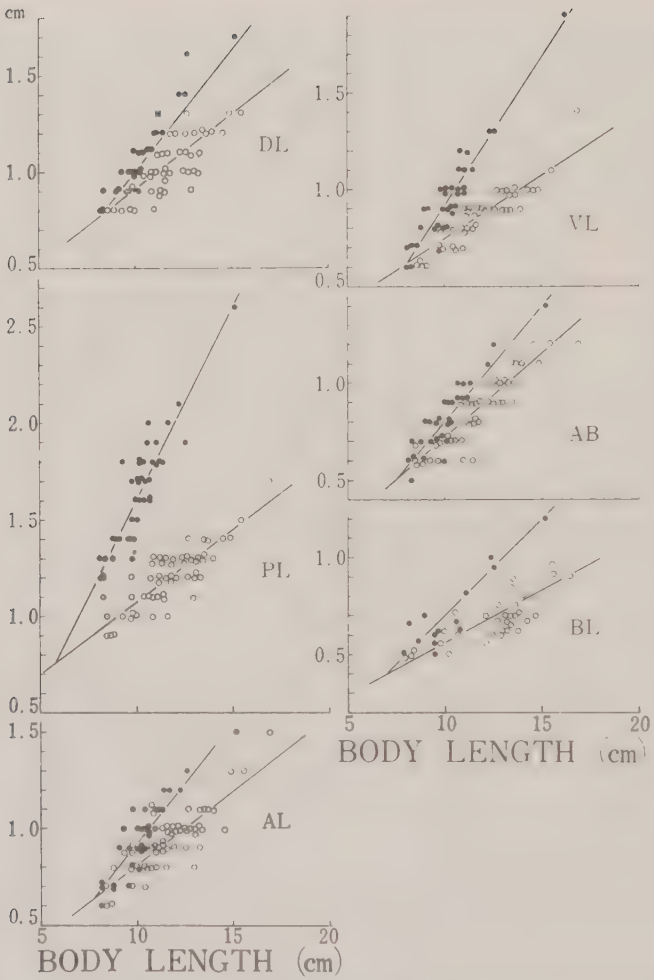

Fig. 6. Theoretical estimations of the shortest body length distinguishable the sexual differentiation by each of the six external morphological features. Abbreviations in the figure, see Fig. 2.

C. 性徴発現体長の地理的変異

雌雄ともに比較的多数の標本を採集することができた福岡，山口（平生町），岡山，京都，秋田および北海道（函館市）の6地区の標本について，胸鰭および腹鰭の各長さと体長との関係をそれぞれ図示し（第7・第8図），さきの項におけると同じ方法によって実験式の係数値を計算し，各地区別の性徴発現体長を求めた（第25・第26表）すなわち，その体長は，胸鰭の長さにおいては岡山産のものが最小で49 mm，つづいて山口（平生町）産および秋田産のものがともに50 mm，京都産および北海道（函館市）産のものがそれぞれ54 mm，福岡産のものが最大で68 mm，また上述の山口（下関市）産の場合が58 mmである。一方，腹鰭の長さでは山口（平生町）産のものが最小で54 mm，つづいて北海道（函館市）産のものが63 mm，秋田産のものが65 mm，福岡産のものが77 mm，京都産のものが79 mm，岡山産が山口（下関市）産のものと同じく最大で81 mmである。このように地区別の性徴発現体長は，胸鰭の長さでは福岡産のものを除いて体長

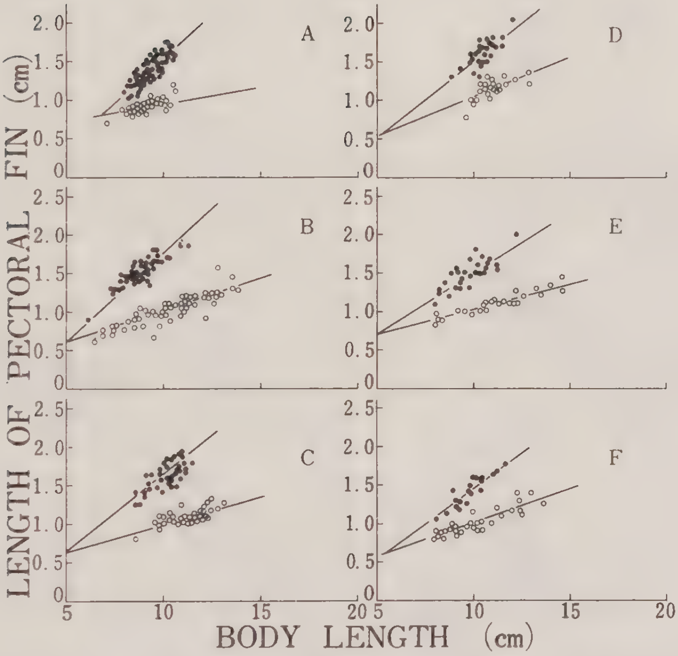

Fig. 7. Geographical variation of the theoretically estimated shortest body length distinguishable the sexual differentiation by pectoral fin length.
Abbreviations : A, Yanagawa, Fukuoka ; B, Hirao, Yamaguchi ; C, Tamashima, Okayama ; D, Muko, Kyōto ; E, Oka, Akita ; F, Hakodate, Hokkaido.

Table 25. The constants of the regression equation of pectoral fin length on body length in the specimens obtained from respective stations and theoretically estimated shortest body length distinguishable the sexual differentiation.

Station \ Constant \ Sex	♀ a	♀ b	♂ a	♂ b	Estimated shortest body length (mm)
Yanagawa, Fukuoka	0.42	5.36	2.25	−7.00	68
Hirao, Yamaguchi	0.82	1.96	2.31	−5.48	50
Tamashima, Okayama	0.71	2.91	2.02	−3.70	49
Muko, Kyōto	1.01	0.27	1.97	−4.70	54
Oka, Akita	0.63	3.99	1.59	−0.88	50
Hakodate, Hokkaido	0.87	1.30	1.86	−4.03	54

Notes are the same as in Table 24.

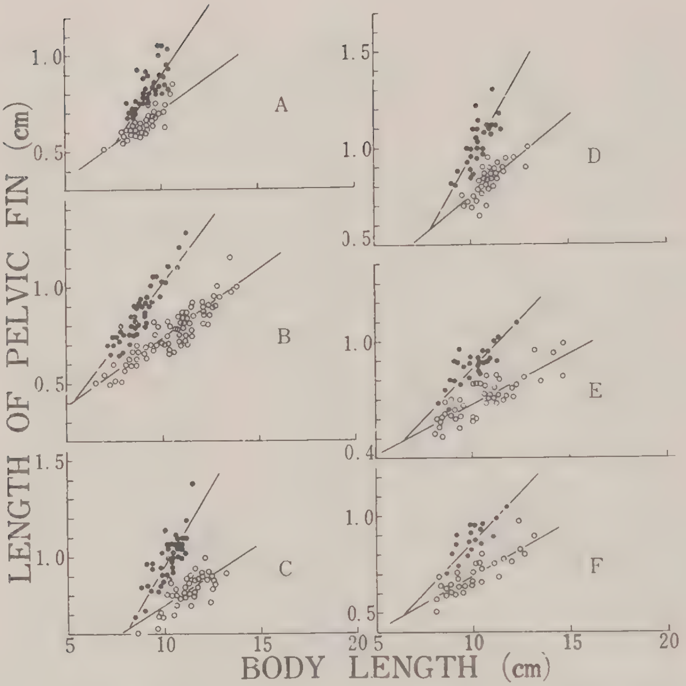

Fig. 8. Geographical variation of the theoretically estimated shortest body length distinguishable the sexual differentiation by pelvic fin length.
Abbreviations : A, Yanagawa, Fukuoka ; B, Hirao, Yamaguchi ; C, Tamashima, Okayama ; D, Muko, Kyōto : E, Oka, Akita ; F, Hakodate, Hokkaido.

Table 26. The constants of the regression equation of pelvic fin length on body length in the specimens obtained from respective stations and the theoretically estimated shortest body length distinguishable the sexual differentiation.

Station \ Constant \ Sex	♀		♂		Estimated shortest body length (mm)
	a	b	a	b	
Yanagawa, Fukuoka	0.69	0.17	1.47	−5.82	77
Hirao, Yamaguchi	0.72	0.04	1.29	−2.69	54
Tamashima, Okayama	0.64	1.13	1.68	−7.32	81
Muko, Kyōto	0.79	−0.36	1.70	−7.41	79
Oka, Akita	0.51	1.71	1.01	−1.49	65
Hakodate, Hokkaido	0.56	1.37	1.03	−1.62	63

Notes are the same as in Table 24.

49～58 mm，とりわけ50 mm附近が最も普通であるが，腹鰭の長さでは体長54～81 mmの範囲に広く分散していて，地理的変異は前者よりも後者の方が大きく，また各地区別に両者の体長を比較すると，さきのBの項の山口（下関市）産のものにおける実験結果と同じく，いずれも前者の方が後者よりも小さい。

結論および考察

本実験結果および既往の業績を綜合すると，ドジョウ成魚の雌雄間における形態的差異は次の通りである。林（1901,'03）は雄の方が体長が小さく，胸鰭が長く尖鋭であり，そしてまた雄の背鰭後部体側に左右各1条の体軸に並走する一種の隆起腺を認め，岡本（1921）は，この隆起腺の上皮は多少肥厚して棍棒状細胞の発達が著しく，さらに上皮と筋層との間には，脂肪組織がよく発達するため，全体として隆起帯を形成することを明らかにした。H. RENDAHL（1933）は成熟雄魚の第2胸鰭条の背側基部にある一種の骨質薄板を lamina circularis と呼び，V. D. VLADYKOV（1935）はこの骨質薄板の有無ならびに形状の差異はドジョウ科魚類の重要な分類形質であるとした。松井（1934）は頭骨について比較し，雌の方が一般に細長く，とくに額骨において顕著であること，そしてドジョウの頭骨には後頭上骨の突起を欠ぎ，それに該当するところに縦走する大きい間隙があって細長い穴を形成し，この穴の巾が雄は雌の約2倍であることを記載した。池田（1936）は成長にともなう lamina circularis の形状の変化を追求し，これを基としてドジョウ科種族の分類について吟味考察するとともに，雄は雌よりも尾鰭が長く，胸鰭条上には生殖時期に追星を発生することを見出した。内田（1939）によると背鰭および臀鰭は雄の方が長く，色彩は生時においては雄は一般にやや橙赤色を帯びて鮮やかに，雌は蒼緑色を帯びて鈍く，胸鰭，腹鰭，臀鰭および尾鰭は雄においては濃い橙赤色を呈し，雌においては赤味少なく淡い。そして色彩の差異は産卵期にはとくに著しいが，固定保存のものではほとんど区別できないことを記述した。山口県水産指導所（1947）は，産卵後の雌ドジョウにおいては，肛門の横の体側に鱗がとれて楕円形のすれ傷のような斑点を生ずることを指摘し，塚原（1948）は雌の成魚の体側腹部に小窩が周年見られ，また産卵時に小出血斑が腹部に現われることおよび雄の成魚の体側背部における前部隆起帯を記載した。そして雄は雌の腹部に巻きつき，その巻き締める圧迫によって雌の腹部から卵を放出させ，同時に放精して卵を受精させる特殊な産卵習性を観察した。雄にみられる前後隆起帯は，雌に巻きついた際，卵を放出させるための腹部圧迫に役立ち，また雄の胸鰭骨質薄板は体を雌に固着するのに用いられ，雌の体側腹部の鱗および黒色胞の脱落による小窩および腹部の小出血斑の形成は，この骨質薄板によって生ずるものと考察した。小林（1951）は胸鰭の第1および第2鰭条の基部，鎖骨，烏啄骨，肩胛骨および後鎖骨などは雄の方が相対的に大きいことを見出した。さらに去勢された雄は胸鰭の形が雌と一致し，追星および背鰭後部体側における隆起帯が出現せず，またそれが手術の際にすでに形成されていた個体では，これらの特性は短期間内に消失し，雌に methyl-dihydro-testosterone の移植を行なうことによって胸鰭および腹鰭が雄の型の鰭に変化し，追星および体側の隆起帯が出現し，肩帯は雄におけると同じように一層拡大され，一方雄に移植した oestriol は追星および体側の隆起帯の出現を抑制することを報告した。著者は本研究により，さらに次の新知見を得た。1）口鬚は雄の方が長い。2）臀鰭基底は雄の方が長い。3）尾柄は雄の方が高い。4）背鰭の位置は雌の方が後方にある。5）雌の方が体巾が広く，背鰭基底が短く，臀鰭，腹鰭および肛門が後方に位置する傾向がある。

以上の諸性徴は各地域のものに普遍的であって，これらの他に頭長，口裂長，吻長，体高および肥満度などが特定の地域において性徴として認められる。このような性徴形質の地理的相違は次の理由から主に環境要因の差異に原因しているように思われる。すなわち雌雄差の生ずる形質は，養成魚よりも天然魚の方が，また養成魚間の比較では，天然の環境に近い方がそれぞれ多く出現することである（久保田，1961 a）。

ドジョウの性徴の出現理由について，小林（1951）は雄の性徴は精巣ホルモンの影響下で発達し，一方雌では性ホルモンの影響によらないで発達するとした。ところで著者も次の理由からこの説に同意する。すな

わち久保田と松井（1955）がドジョウの成長に伴う体形の変化についてしらべた結果，性徴形質である各部分の長さの体長に対する比，つまり係数値と体長との関係は，雌では性徴出現前における線の延長したものであるが，雄ではその線から派生的な線を形成するからである。

性徴が最も早期に現われる形質は雄の胸鰭の骨質薄板で，体長 53 mm，また生殖腺が肉眼で観察できる最小体長は49 mmで，出現時期は前者が後者よりもわずかに遅れる。そして各性徴の発現が同時に行なわれないで，それぞれの形質によって遅速のあることは精巣ホルモンの刺激が各部分に対して順序を追って働きかけることが想像される。

性徴の発現時期は孵化後の日数ではなくて，魚体の大きさと密接な関係があるようである。すなわち 5 月または 6 月に孵化した魚は小さい群居密度で餌料を十分に投与すると，その年内には体長が 70 mm 以上に達し(久保田，1961 b）雌雄の判別が容易にできるが，逆に高い群居密度で，しかも少量の投餌下において飼育すると，満 1 年たっても体長が 50 mmに達しない場合があって，外観から正確に性別を見分けることができない。また同一時期に孵化した稚魚を同一環境下において飼育した際でも，成長の早い個体ほど早く性徴が出現する。このように性徴の発現時期は魚の成長の遅速に関係し，成長は環境要因に支配される。

胸鰭の形は地理的に相当な変異がみられたが，これは主として環境要因の差異に起因していると考えられる。下関市吉見町永田川産のドジョウを親魚として人工孵化した仔魚および同河川において採集した稚魚をそれぞれの池で飼育した結果，両者ともに胸鰭の第 1 と第 2 鰭条とが密着した型と遊離した型とが出現したが，同河川から採集した成魚を検査したところ，そのすべてが前者の型に属し，後者の型は発見できず，また投餌量を多くして飼育した場合の鰭の形が，少量の場合よりも巾広いこと（久保田，1961 a）は胸鰭の形が環境要因の差によって起ることを証明していると考えられる。そして鰭の形の細長いものは，個体発生的見地から巾広いものよりも原型的であって，成長に伴う鰭の形の変化が環境要因または生理的要因によって抑制された場合に，一方その形が巾広いものは抑制されない場合にそれぞれ生ずるものと思われる。

摘　　　要

1．第 1 表に示す19地区で採集した標本（総計1,400尾）を使用して，外部形態における性的差異を生物統計学的に比較検討した。各地区のものにおいて普遍的に出現する性徴は次の通りである。

i）背鰭，胸鰭，腹鰭，臀鰭および尾鰭の各長さは，雄の方が長い。

ii）口鬚は雄の方が長い。

iii）臀鰭基底は雄の方が長い。

iv）尾柄は雄の方が高い。

v）背鰭の位置は，雌の方が後方にある。

vi）雌は雄よりも体巾が広く，背鰭基底が短く，臀鰭，腹鰭および肛門が後方に位置する傾向がある。

2．山口県下関市産ドジョウによって調査した結果，これらの性徴が出現し始める時の魚体の大きさは，胸鰭の長さが体長58 mm，つづいて口鬚長が70 mm，臀鰭基底長が75 mm，臀鰭の長さが78 mm，腹鰭の長さが81 mm，そして背鰭の長さが最も大きく83 mmである。

3．胸鰭および腹鰭の各長さにおいて性的差異が出現し始める時の魚体の大きさを地理的に比較した。その体長は胸鰭の長さでは，岡山のものが最小で 49 mm，山口（平生町）および秋田のものがそれぞれ 50 mm，京都および北海道（函館市）のものがそれぞれ54 mm，山口（下関市）のものが58 mm，そして福岡のものが最大で 68 mmである。また腹鰭の長さでは，山口（平生町）のものが最小で 54 mm，北海道（函館市）のものが63 mm，秋田のものが65 mm，福岡のものが77 mm，京都のものが 79 mm，そして岡山および山口（下関市）のものが最大で 81 mm である。このように性的差異が現われ始める時の体長の変異の巾は腹鰭におけるよりも胸鰭における方が小さい。

4. 性徴の出現する部位，その時期および胸鰭の形における地理的な相違は，主に環境要因の差異に原因しているようである。

文　　献

1）林　寿祐，1901：鰌の雌雄．動雑，**13**(27).

2）———，1903：泥鰌について．動雑，**15**(181).

3）池田兵司，1936：日本産ドジョウ科魚類の雌雄性徴とその分類について．I．ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR) とシマドジョウ *Cobitis biwae* JORDAN and SNYDER, *Cobitis taenia striata*, subsp. nov. 動雑，**48**(12).

4）KOBAYASHI, H., 1951：Experimental studies on the sexual characters of the loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR). *Annot. Zool. Jap.*, **24**(4).

5）久保田善二郎・松井　魁，1955：ドジョウの形態学的研究—II．成長に伴う体形の変化について．本報告，**5**(2).

6）————，1961 a：ドジョウの形態学的研究—IV．環境の相違に基づく形態的差異について．本報告，**11**(1).

7）————，1961 b：ドジョウの生態に関する研究—IV．成長度および肥満度について．本報告，**11**(1).

8）松井　魁，1934：鰌の性別による外形の変異．養殖会誌，**4**.

9）岡本規矩男，1921 a：鰌の第二次性徴．動雑，**33**(392).

10）————，1921 b：鰌の第二次性徴に就いての追加．動雑，**33**(395).

11）RENDAHL, H., 1933：Weitere Untersuchung über den Schultergürtel und die Brustflossen-muskulatur der Cobitiden. *Ark. Zool.*, **21**(1).

12）塚原　博，1948：ドジョウの二次性徴と産卵習性との関係に就いて．生物，**3**.

13）内田恵太郎，1939：朝鮮魚類誌．朝鮮水試，**6**.

14）VLADYKOV, V. D., 1935：Secondary sexual dimophism in some Chinese Cobitid fishes. *Jour. Morph.*, **57**(1).

15）山口県水産指導所，1947：鰌増産の実際．山口水指特輯，**46**.

ドジョウの形態学的研究—IV.

環境の相違に基づく形態的差異について※

久保田善二郎

Morphology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)—IV. Relation between the Variation of Morphological Characters and the Environmental Conditions※

By

Zenziro KUBOTA

It is serious that the catch of the wild loach is thought to be decreasing considerably year by year perhaps due to the increase in the use of the chemicals as fertilizer or as insecticide and due to the destruction of its comfortable habitat. Therefore, it is highly probable that the importance of the pond culturing of this fish may grow near in feature for the purpose of sustaining the yield. On the other hand, as the eel and the ayu (*Plecoglossus altivelis*) are developed in its pond culturing, there are great differences in the market price between the cultured ones and the wild ones. Therefore the former is made effort to bear an external morphological resemblance to the latter. These facts suggest the necessity of the same improvement in the culturing technique of this fish as the above-mentioned ones. And as the primary step to it, the relation between the variation of the morphlogical characters and the environmental conditions were studied, and the results are shown in the below.

1) The differences in environmental conditions cause the morphological variation in the following characters:

Female : head length, body depth, positions of pectoral fin, anal fin and anus and length of pectoral fin.

Male : head length, snout length, body width, positions of pectoral fin and anal fin and depth of caudal peduncle.

2) Snout of the male loach sampled from natural environment is longer than that of cultured ones, while the body of the female loach sampled from natural envi-

※ 水産講習所研究業績　第332号，1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 332.
Received June 26, 1961.

ronment is lower than that of cultured one. And the anus in the natural female is situated in position more posterior of the body than that in cultured one.

3) The differences in nutritious conditions of environment cause morphological differences in the following characters:

Female : body hight, body width and caudal peduncle.

Male : head length, position of pectoral fin and the form of pectoral fin (width and length).

4) The number of characters showing sexual dimorphism varies depending environmental conditions, and natural loach has more numerous sexual characters than cultured one. Among the groups of cultured loach, the group of loach with many sexual characters is found in that cultured in the environment resembling the natural one.

5) Through advance in culturing technique it is possible to bring less morphological difference in cultured loach from the natural one.

ま え が き

近年，水田において農薬および化学肥料が盛んに使用され，またコンクリート製の水路が造られるなどによって，天然産ドジョウの生産量は減少しているように思われる。それゆえ本魚の資源量を維持するためには，将来池中養殖を主とした増殖を行なうことが望まれる。ウナギおよびアユでは，その養成が発達するにおよび，市場における商品価額は，天然産魚と養成魚とでは，相当の隔りがあり，その結果天然産魚に，より類似させるように努めている現状で，本魚の場合も同様なことが考えられる。

次に前報告（1961）において既述したように，ドジョウの形態は地理的に相当の変異がみられるが，これは主として環境の相違に基づくのではないかという疑問を生じた。これらの立場から，本研究は，実験1では天然産魚と飼育魚との形態上の比較を行なうとともに，異なった生息環境下において飼育することにより形態を変異さすことができるかどうかを，実験2では投餌量の多少が形態にどのような影響を及ぼすかを知るために，それぞれ実験を行ない検討した。

本文に入るに先立ち，御校閲を賜わった京都大学教授松原喜代松博士ならびに，終始御指導を仰いだ本所教授松井魁博士に感謝の意を表する。

実験の材料および方法

A. 実験　1

実験材料は，天然産魚としては1955年7月上旬に山口県下関市吉見町の永田川に附帯する溝で採捕した体長 80 mm 以上の個体，雌雄ともそれぞれ20尾を選んで，また飼育魚としては1954年7月下旬に永田川で採捕した体長 20〜40 mm の稚魚および同年6月下旬に永田川産のドジョウを親魚として人工採苗した仔魚をそれぞれ種苗として，下記に述べる2つの異なった環境条件下で飼育したものを，1955年6月23日から7月18日の間に取揚げてそれぞれ供試した。使用した飼育池は2面である。これらの池は同形のコンクリート製で，面積は 92.0×190.5 cm，底部は一方が他方よりも 4 cm 低くてやや傾斜しており，排水口の近くに直径 35 cm，深さ 6 cm の魚溜りがあり，水深は約 20 cm に保った。これらの飼育池のうち，1面はその底部に永田川のドジョウの生息地域の泥土を運搬し，厚さ5〜10 cm にしき，できるかぎり天然魚の生息環

境に近似させて天然魚との比較に，また他の1面の池は，泥土をしかずにコンクリートのままにして用いた。飼育尾数は前者では雌11尾，雄14尾，後者では雌11尾，雄6尾である。これらの魚は，供試時にはいずれも体長が 80 mm 以上であって，したがって各部分長の体長に対する百分率（係数値）は体長の如何にかかわらず一定とみなされる（久保田・松井，1955)。飼育魚の餌料は蚕蛹粉と米糠とを重量比2対1の割合で混合し煮沸したもので，1日当り魚体総重量の1/10～1/20を投餌量とした。測定は他の実験目的のために，すべて生魚のまま実施した。魚体測定の形質およびその方法ならびに測定値の比較方法は前報告（1961）の場合と同じである。ただし本実験では口鬚長は測定しなかった。

B. 実験　2

供試魚は1959年4月中旬に永田川附近で採捕した体長 40～65 mm の0才魚を，底部に厚さ2～5 cm の泥土をしいた前記の飼育池4面に，おのおの 29.8～30.0 g あてを放養し，実験1と同じ種類の餌料を2面の池には各放養魚体重量の 10 % 量を，残りの2面には同じく2％量を毎日投餌して，4月18日から7月22日にわたる96日間飼育した魚のうちから体長 70 mm 以上の個体を選んで用いた。供試尾数は 10 % 投餌量群では雌17尾，雄16尾，また2％投餌量群では雌13尾，雄10尾である。測定はホルマリン溶液で固定後行なった。魚体測定の形質，その方法および測定値の比較方法などは，実験1の場合と同じである。ただし本実験では，さらに胸鰭の巾をも合わせて測定した。

実　験　結　果

A. 実験　1　　生息環境と形態との関係

a. 平均値の比較：測定結果は第1・第2表，また各群における係数平均値間の差の信頼度は第3・第4表の通りである。天然産魚をN群，泥土およびコンクリートの底質で飼育した魚をR群およびC群，そしてそれらの平均値を M_N, M_R, M_C，標準誤差を $Np\varepsilon$, $Rp\varepsilon$, $Cp\varepsilon$ でそれぞれ表わす。これらの表からN群とR群とを係数平均値について比較すると，雄においては吻長で，また雌において体高と肛門の位置でそれぞれ相違が認められ，さらに雄の臀鰭基底長，尾柄高，雌の背鰭および腹鰭の各位置では信頼度の値が3～4で，差異の傾向が認められる。

次にN群とC群とを比較すると，雄においてはさきの場合と同様に吻長で，そしてそれ以外に頭長，体巾，胸鰭の位置および尾柄高で，また雌においては臀鰭の位置で顕著に，頭長と胸鰭の長さでわずかにそれぞれ相違が認められ，さらに雄の臀鰭および肛門の各位置，雌の腹鰭の位置，背鰭の長さおよび臀鰭基底長においては差異の傾向が認められる。

どちらも飼育魚であるR群とC群とを比較すると，雄においては体巾と臀鰭の位置で，また雌においては体高および胸鰭，腹鰭，臀鰭，肛門の各位置でそれぞれ差異が認められ，そのうち雌の臀鰭の位置は信頼度の値が 15.6 で，差異が顕著である。信頼度の値が3～4を示す形質は，雄における背鰭基底長，雌における吻長，体巾，背鰭の位置，胸鰭の長さおよび臀鰭基底長などである。

各環境別に平均値の大きさの順位を第5表に，さらにこの表から環境別の順位に該当する形態因子を第6表にそれぞれ示した。これらの表からして，3群間における一定の法則を見出すことは困難であるが，互に関連性のある形質間において，同一順位がみられることは注目に値する。つまり雌においては胸鰭，腹鰭，臀鰭および肛門の各位置が R＞N＞C，尾鰭を除く各鰭の長さが N＞R＞C であり，雄においては背鰭および胸鰭の各位置が N＞R＞C である。また雌雄ともに同一順位を示す形質としては頭長，全長および体巾を指摘することができる。

以上の結果を総合すると，環境による形態的差異は次の通りである：N群とR群の差よりもN群とC群と

Table 1. Biometrical constants of bodily parts in male loach collected from field and those cultured in the experimental ponds, as raw materials of the consideration upon the problem whether the difference in the environmental conditions causes the significant morphological differences or not.

Character	N			R			C		
	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/L×100	116.55±0.17	1.12±0.12	0.96±0.10	116.86±0.62	3.42±0.44	2.93±0.37	115.83±0.31	1.11±0.22	0.95±0.19
HL/L×100	17.10±0.12	0.76±0.08	4.46±0.48	16.68±0.22	1.19±0.15	7.15±0.91	16.00±0.15	0.56±0.11	3.49±0.68
S/HL×100	43.60±0.16	1.05±0.11	2.41±0.26	40.79±0.51	2.85±0.36	6.99±0.89	40.58±0.66	2.41±0.47	5.93±1.16
BH/L×100	13.85±0.09	0.60±0.07	4.36±0.47	13.89±0.18	1.01±0.13	7.25±0.92	13.25±0.25	0.91±0.18	6.89±1.34
BW/L×100	10.10±0.06	0.42±0.05	4.17±0.44	10.32±0.10	0.53±0.07	5.13±0.65	9.42±0.15	0.55±0.11	5.86±1.14
DF/L×100	58.00±0.21	1.41±0.15	2.43±0.26	57.79±0.21	1.14±0.15	1.98±0.25	57.17±0.45	1.62±0.32	2.83±0.55
PF/L×100	18.43±0.12	0.81±0.09	4.40±0.47	18.21±0.30	1.67±0.21	9.15±1.17	17.25±0.14	0.50±0.10	2.90±0.57
VF/L×100	59.95±0.23	1.50±0.16	2.51±0.27	59.50±0.38	2.11±0.27	3.54±0.45	59.83±0.26	0.94±0.18	1.58±0.31
AF/L×100	73.73±0.19	1.27±0.14	1.72±0.18	73.86±0.17	0.93±0.12	1.26±0.16	72.58±0.22	0.80±0.16	1.10±0.21
A/L×100	70.80±0.17	1.16±0.12	2.20±0.24	71.21±0.19	1.03±0.13	1.44±0.18	71.58±0.17	0.63±0.12	0.87±0.17
DL/L×100	9.20±0.14	0.91±0.10	9.86±1.05	9.57±0.26	1.44±0.18	14.99±1.19	8.58±0.22	0.80±0.16	9.32±1.82
PL/L×100	15.15±0.14	0.93±0.10	6.14±0.66	15.21±0.25	1.41±0.18	9.26±1.18	14.67±0.24	0.89±0.17	6.04±1.18
VL/L×100	9.83±0.12	0.81±0.09	8.25±0.88	10.00±0.18	1.00±0.13	9.95±1.27	10.08±0.17	0.63±0.12	6.20±1.21
AL/L×100	8.33±0.09	0.60±0.06	7.18±0.77	8.64±0.21	1.17±0.15	13.51±1.72	8.33±0.12	0.45±0.09	5.39±1.05
DB/L×100	8.30±0.10	0.68±0.07	8.20±0.87	8.00±0.12	0.65±0.08	8.10±1.03	8.75±0.17	0.61±0.12	7.01±1.37
AB/L×100	8.83±0.09	0.58±0.06	6.54±0.70	8.18±0.17	0.92±0.12	11.30±1.44	8.50±0.19	0.69±0.14	8.15±1.59
CP/L×100	10.33±0.06	0.43±0.05	4.14±0.44	9.86±0.14	0.78±0.10	7.93±1.01	9.33±0.12	0.45±0.09	4.80±0.96

Notes : For the positions measured and their abbreviations, see Fig. 2 in p. 86 of this volume. N, loach collected from the field ; R, loach cultured in the mudy pond ; C, loach cultured in the cemented pond.

Table 2. Biometrical constants of the bodily parts in female loach collected from field and those cultured in the experimental ponds, as raw materials of the consideration upon the problem whether the difference in the environmental conditions causes the significant morphological differences or not.

Character	N			R			C		
	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/L×100	115.00±0.18	1.16±0.12	1.01±0.11	115.14±0.37	1.83±0.26	1.58±0.23	114.77±0.39	1.91±0.28	1.66±0.24
HL/L×100	17.00±0.13	0.88±0.09	5.15±0.55	16.98±0.24	1.17±0.16	6.91±0.99	16.16±0.15	0.73±0.11	4.54±0.65
S/HL×100	40.73±0.42	2.77±0.30	6.80±0.73	41.71±0.32	1.60±0.23	3.83±0.55	39.84±0.45	2.19±0.32	5.50±0.79
BH/L×100	12.70±0.13	0.87±0.09	6.82±0.73	14.39±0.20	1.00±0.14	6.97±1.00	12.93±0.15	0.75±0.11	5.77±0.83
BW/L×100	10.05±0.11	0.74±0.08	7.40±0.79	10.80±0.31	1.50±0.22	13.91±2.00	9.71±0.14	0.69±0.10	7.10±1.02
DF/L×100	57.13±0.18	1.22±0.13	2.13±0.23	58.52±0.34	1.68±0.24	2.87±0.41	57.16±0.26	1.29±0.19	2.26±0.33
PF/L×100	17.83±0.13	0.87±0.09	4.89±0.52	18.39±0.19	0.93±0.13	5.06±0.73	17.25±0.14	0.71±0.10	4.10±0.59
VF/L×100	60.03±0.22	1.47±0.16	2.45±0.26	61.41±0.38	1.83±0.26	2.99±0.43	58.68±0.38	1.85±0.27	3.15±0.45
AF/L×100	74.90±0.21	1.41±0.15	1.89±0.20	75.39±0.13	0.64±0.09	0.85±0.12	71.52±0.21	1.03±0.15	1.44±0.21
A/L×100	71.23±0.25	1.68±0.18	2.36±0.25	73.20±0.16	0.78±0.11	1.07±0.15	71.20±0.18	0.89±0.13	1.25±0.18
DL/L×100	8.08±0.13	0.89±0.09	10.97±1.17	7.61±0.18	0.91±0.13	11.91±1.71	7.20±0.21	1.03±0.15	14.34±2.06
PL/L×100	10.30±0.11	0.73±0.08	7.04±0.75	10.02±0.20	0.98±0.14	9.77±1.41	9.16±0.16	0.79±0.11	8.65±1.24
VL/L×100	7.60±0.10	0.67±0.07	7.43±0.79	7.48±0.13	0.65±0.09	8.72±1.25	7.34±0.14	0.70±0.10	9.56±1.38
AL/L×100	7.38±0.07	0.46±0.05	6.20±0.66	7.30±0.14	0.69±0.10	9.45±1.36	6.97±0.13	0.65±0.09	9.35±1.35
DB/L×100	7.98±0.08	0.53±0.06	6.58±0.70	8.07±0.11	0.53±0.08	6.62±0.95	8.20±0.11	0.54±0.08	6.59±0.95
AB/L×100	7.68±0.08	0.56±0.06	7.26±0.77	7.43±0.16	0.78±0.11	10.44±1.50	8.21±0.14	0.69±0.10	8.40±1.21
CP/L×100	9.55±0.10	0.67±0.07	7.05±0.75	9.84±0.18	0.90±0.13	9.15±1.32	9.21±0.15	0.72±0.10	7.83±1.13

Notes are the same as in Table 1.

Table 3. Examinations of the significance on the differences in respective characters found among the three groups of male loaches, one of which is collected from field, others are cultured in mudy pond and cemented pond respectively.

Character	Between N and R			Between N and C			Between R and C		
	$\lvert M_N - M_R \rvert$	$\sqrt{(Np\varepsilon)^2+(Rp\varepsilon)^2}$	$\frac{\lvert M_N - M_R \rvert}{\sqrt{(Np\varepsilon)^2+(Rp\varepsilon)^2}}$	$\lvert M_N - M_C \rvert$	$\sqrt{(Np\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2}$	$\frac{\lvert M_N - M_C \rvert}{\sqrt{(Np\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2}}$	$\lvert M_R - M_C \rvert$	$\sqrt{(Rp\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2}$	$\frac{\lvert M_R - M_C \rvert}{\sqrt{(Rp\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2}}$
T L / L × 100	0.31	0.64	0.48	0.72	0.35	2.05	1.02	0.69	1.49
H L / L × 100	0.42	0.24	1.73	1.10	0.19	5.73	0.68	0.27	2.56
S / H L × 100	2.82	0.54	5.23	3.02	0.68	4.42	0.20	0.84	0.24
B H / L × 100	0.04	0.20	0.21	0.60	0.27	2.26	0.64	0.31	2.07
B W / L × 100	0.22	0.11	1.94	0.68	0.16	4.17	0.91	0.18	5.06
D F / L × 100	0.22	0.30	0.73	0.83	0.50	1.68	0.62	0.49	1.26
P F / L × 100	0.21	0.32	0.65	1.18	0.18	6.38	0.96	0.33	2.92
V F / L × 100	0.45	0.44	1.02	0.12	0.35	0.34	0.33	0.46	0.72
A F / L × 100	0.13	0.26	0.52	1.14	0.29	3.91	1.27	0.28	4.61
A / L × 100	0.41	0.25	1.64	0.78	0.25	3.20	0.37	0.25	1.46
D L / L × 100	0.37	0.29	1.27	0.62	0.26	2.36	0.99	0.40	2.48
P L / L × 100	0.06	0.29	0.22	0.48	0.28	1.72	0.55	0.35	1.55
V L / L × 100	0.18	0.22	0.81	0.26	0.21	1.22	0.08	0.25	0.34
A L / L × 100	0.32	0.23	1.40	0.01	0.15	0.01	0.31	0.24	1.28
D B / L × 100	0.30	0.16	1.89	0.45	0.20	2.26	0.75	0.21	3.62
A B / L × 100	0.65	0.19	3.40	0.33	0.21	1.55	0.32	0.25	1.27
C P / L × 100	0.47	0.16	3.02	0.99	0.14	7.19	0.52	0.19	2.80

Notes : For the bodily parts measured, see Fig. 2 in p. 86 of this volume. M, mean ; $p\varepsilon$, probable error. For N, R and C, see Table 1.

Table 4. Examinations of the significance on the differences in respective characters found among the three groups of female loaches, one of which is collected from field, others are cultured in mudy pond and cemented pond respectively.

Character	Between N and R			Between N and C			Between R and C		
	$\|M_N-M_R\|$	$\sqrt{(Np\varepsilon)^2+(Rp\varepsilon)^2}$	$\frac{\|M_N-M_R\|}{\sqrt{(Np\varepsilon)^2+(Rp\varepsilon)^2}}$	$\|M_N-M_C\|$	$\sqrt{(Np\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2}$	$\frac{\|M_N-M_C\|}{\sqrt{(Np\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2}}$	$\|M_R-M_C\|$	$\sqrt{(Rp\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2}$	$\frac{\|M_R-M_C\|}{\sqrt{(Rp\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2}}$
TL/L×100	0.14	0.41	0.33	0.23	0.43	0.53	0.36	0.54	0.68
HL/L×100	0.02	0.27	0.09	0.84	0.20	4.27	0.82	0.28	2.91
S/HL×100	0.98	0.53	1.85	0.88	0.61	1.44	1.86	0.55	3.38
BH/L×100	1.69	0.24	6.94	0.23	0.20	1.16	1.45	0.26	5.70
BW/L×100	0.75	0.33	2.28	0.35	0.18	1.90	1.09	0.34	3.23
DF/L×100	1.40	0.39	3.62	0.03	0.32	0.11	1.36	0.43	3.17
PF/L×100	0.56	0.23	2.44	0.58	0.20	2.95	1.14	0.24	4.75
VF/L×100	1.39	0.44	3.13	1.34	0.44	3.08	2.73	0.54	5.08
AF/L×100	0.49	0.25	1.96	3.38	0.30	11.33	3.86	0.25	15.65
A/L×100	1.98	0.30	6.60	0.02	0.31	0.07	2.00	0.24	8.26
DL/L×100	0.46	0.23	2.03	0.87	0.25	3.45	0.41	0.28	1.47
PL/L×100	0.28	0.23	1.23	1.14	0.20	5.85	0.86	0.26	3.38
VL/L×100	0.12	0.17	0.74	0.26	0.17	1.50	0.14	0.20	0.70
AL/L×100	0.08	0.15	0.55	0.40	0.14	2.92	0.32	0.20	1.66
DB/L×100	0.09	0.13	0.69	0.23	0.13	1.72	0.14	0.16	0.88
AB/L×100	0.24	0.18	1.36	0.53	0.16	3.23	0.77	0.21	3.64
CP/L×100	0.29	0.21	1.41	0.35	0.18	1.96	0.64	0.23	2.74

Notes are the same as in Table 3.

Table 5. Apparent orders of the coefficients of respective characters in the above-mentioned three groups of loaches.

Character \ Sex	Female	Male
TL/L	R>N>C	R>N>C
HL/L	N>R>C	N>R>C
S/HL	R>N>C	N>R>C
BH/L	R>C>N	R>N>C
BW/L	R>N>C	R>N>C
DF/L	R>C>N	N>R>C
PF/L	R>N>C	N∧R>C
VF/L	R>N>C	N>C>R
AF/L	R>N>C	R>N>C
A/L	R>N>C	C>R>N
DL/L	N>R>C	R>N>C
PL/L	N>R>C	R>N>C
VL/L	N>R>C	C>R>N
AL/L	N>R>C	R>C>N
DB/L	R>C>N	C>N>R
AB/L	C>N>R	N>C>R
CP/L	R>N>C	N>R>C

Note : The same abbreviations as in Table 1 are also adopted.

の差の方が大きく，またN群とR群の差よりも，いずれも飼育魚であるR群とC群との差の方がそれぞれ大きい。天然魚と飼育魚（R群）とでは前者は後者よりも雄において吻長が長く，雌において体高が低く，肛門が前方に位置することである。そして雄では臀鰭基底長および尾柄高がそれぞれ大きく，雌では尾鰭を除く各鰭が前方に位置する傾向がある。次にコンクリートの底質で飼育した魚（C群）と泥の底質のそれ（R群）とを比較すると，前者は後者よりも，雄においては体巾が狭く，臀鰭の位置が前方にあり，また雌においては体高が低く，胸鰭，腹鰭，臀鰭および肛門の各

Table 6. Classifications of the biometrical characters based on the apparent orders among the coefficients observed in the three groups of loaches grown in respective environments mentioned in Table 1.

Apparent order		Female	Male
Natural>Cultured	N>R>C	HL/L, PL/L, VL/L, AL/L, DL/L	HL/L, S/HL, DF/L, PF/L, CP/L
	N>C>R		VF/L, AB/L
Cultured>Natural	R>C>N	BH/L, DF/L	A/L, AL/L
	C>R>N	DB/L	VL/L
	R>N>C	TL/L, S/HL, BW/L, PF/L, VF/L, AF/L, A/L, CP/L	TL/L, BH/L, BW/L, AF/L, PL/L, DL/L
	C>N>R	AB/L	DB/L

Note : The bodily parts measured are defined in Fig. 2 in p. 86 of this volume.

位置が前方にある。そして頭長および尾柄高は，雌雄ともにR群の方が大きい傾向がある。

b. **性徴の発現形質の比較**　前項におけると同様な方法によって，各環境別に雌雄の形態的差異を検討した。すなわち第7表に示すように，性徴の発現形質は，C群では胸鰭，腹鰭，臀鰭および背鰭の各長さの4部，R群では前記の4部に臀鰭および肛門の各位置を加えた6部，そしてN群ではR群の発現形質のうち，肛門の位置を除いた各部位に，全長，吻長，体高，臀鰭基底長および尾柄高を加えた10部であって，それら

Table 7. Examinations of the significance on the differences in respective characters found between sexes of three groups of loaches, one of which is collected from field, others are cultured in mudy pond and cemented pond respectively.

Character	N			R			C		
	|M♀ − M♂|	$\sqrt{(♀p\varepsilon)^2+(♂p\varepsilon)^2}$	$\frac{\|M♀ - M♂\|}{\sqrt{(♀p\varepsilon)^2+(♂p\varepsilon)^2}}$	|M♀ − M♂|	$\sqrt{(♀p\varepsilon)^2+(♂p\varepsilon)^2}$	$\frac{\|M♀ - M♂\|}{\sqrt{(♀p\varepsilon)^2+(♂p\varepsilon)^2}}$	|M♀ − M♂|	$\sqrt{(♀p\varepsilon)^2+(♂p\varepsilon)^2}$	$\frac{\|M♀ - M♂\|}{\sqrt{(♀p\varepsilon)^2+(♂p\varepsilon)^2}}$
TL/L×100	1.50	0.25	6.12	1.72	0.72	2.40	1.06	0.49	2.15
HL/L×100	0.10	0.14	0.71	0.30	0.32	0.93	0.16	0.21	0.73
S/HL×100	2.88	0.45	6.43	0.92	0.61	1.52	0.74	0.80	0.93
BH/L×100	1.15	0.16	7.28	0.49	0.27	1.80	0.32	0.29	1.09
BW/L×100	0.05	0.13	0.39	0.47	0.32	1.48	0.29	0.21	1.40
DF/L×100	0.88	0.28	3.14	0.74	0.40	1.86	0.01	0.52	0.02
PF/L×100	0.60	0.18	3.35	0.17	0.36	0.49	0.00	0.20	0.00
VF/L×100	0.08	0.32	0.24	1.91	0.54	3.54	1.15	0.46	2.52
AF/L×100	1.18	0.29	4.11	1.51	0.21	7.13	1.06	0.30	3.50
A/L×100	0.43	0.31	1.38	1.99	0.24	8.19	0.38	0.25	1.51
DL/L×100	1.13	0.19	5.86	1.96	0.32	6.16	1.38	0.31	4.52
PL/L×100	4.85	0.18	27.10	5.19	0.32	16.12	5.51	0.29	18.86
VL/L×100	2.23	0.16	14.08	2.52	0.22	11.31	2.74	0.22	12.25
AL/L×100	0.95	0.03	31.67	1.35	0.25	5.33	1.36	0.18	7.48
DB/L×100	0.32	0.13	2.49	0.07	0.16	0.42	0.55	0.20	2.70
AB/L×100	1.15	0.12	9.43	0.75	0.23	3.25	0.30	0.24	1.25
CP/L×100	0.78	0.12	6.57	0.02	0.23	0.70	0.13	0.19	0.67

Notes are the same as in Table 3.

Table 8. Results of biometry on the loach cultured with 10 % of food on body weight, as raw materials of the consideration upon the problem whether the amount of food given causes the significant morphological differentiations or not.

Character	Female			Male		
	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation
T L / L × 100	115.15±0.17	1.03±0.12	0.89±0.10	117.00±0.19	1.12±0.13	0.96±0.11
H L / L × 100	17.90±0.11	0.66±0.08	3.69±0.43	17.13±0.11	0.67±0.08	3.93±0.47
S / H L × 100	39.82±0.23	1.38±0.16	3.47±0.40	42.62±0.36	2.14±0.26	5.03±0.56
B H / L × 100	12.69±0.13	0.78±0.09	6.18±0.72	12.44±0.15	0.88±0.11	7.09±0.85
B W / L × 100	10.07±0.13	0.80±0.09	7.97±0.92	9.53±0.09	0.56±0.07	5.86±0.70
D F / L × 100	58.91±0.23	1.42±0.16	2.41±0.28	58.00±0.23	1.37±0.16	2.36±0.28
P F / L × 100	18.19±0.13	0.80±0.09	4.41±0.51	18.41±0.18	1.04±0.12	5.66±0.68
V F / L × 100	60.85±0.24	1.49±0.17	2.45±0.28	60.13±0.21	1.22±0.15	2.02±0.24
A F / L × 100	75.15±0.27	1.64±0.19	2.19±0.25	74.44±0.15	0.90±0.11	1.21±0.14
A / L × 100	71.74±0.24	1.48±0.17	2.06±0.24	71.50±0.16	0.94±0.11	1.31±0.14
D L / L × 100	9.31±0.14	0.86±0.10	9.20±1.06	11.00±0.18	1.05±0.13	9.52±1.14
P L / L × 100	10.10±0.10	0.61±0.07	6.07±0.70	15.81±0.18	1.07±0.13	6.79±0.80
V L / L × 100	7.57±0.07	0.45±0.05	5.97±0.69	9.88±0.15	0.88±0.11	8.86±1.06
A L / L × 100	8.28±0.12	0.72±0.08	8.67±1.00	10.22±0.14	0.86±0.10	8.38±1.00
D V / L × 100	7.96±0.12	0.71±0.08	8.91±1.03	8.38±0.12	0.72±0.09	8.57±1.02
A B / L × 100	7.25±0.08	0.49±0.06	6.69±0.77	7.75±0.12	0.69±0.08	8.85±1.12
C P / L × 100	10.19±0.11	0.66±0.08	6.50±0.75	10.38±0.02	0.14±0.02	1.38±0.16
P W / P L × 100				41.50±1.04	6.14±0.71	14.81±1.80

Notes : PW indicates the width of pectoral fin and for the other abbreviations, see Fig. 2 in p. 86 of this volume.

Table 9. Results of biometry on the loach cultured with 2 % of food on body weight, as raw materials of the consideration upon the problem whether the amount of food given causes the significant morphological differentiations or not.

Character	Female			Male		
	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation
T L / L × 100	114.96±0.20	1.08±0.14	0.94±0.13	116.50±0.19	0.89±0.14	0.77±0.16
H L / L × 100	17.13±0.19	1.02±0.14	5.97±0.79	15.75±0.18	0.84±0.13	5.32±1.13
S / H L × 100	39.31±1.06	5.65±0.74	14.36±1.94	40.40±0.51	2.37±0.36	5.86±1.25
B H / L × 100	11.52±0.15	0.82±0.11	7.15±0.95	11.90±0.11	0.50±0.08	4.23±0.90
B W / L × 100	9.33±0.13	0.70±0.09	7.55±1.00	9.60±0.11	0.50±0.08	5.24±1.12
D F / L × 100	58.35±0.22	1.17±0.15	2.00±0.26	57.30±0.23	1.08±0.16	1.88±0.40
P F / L × 100	18.02±0.15	0.78±0.10	4.30±0.57	18.45±0.23	1.08±0.16	5.84±1.25
V F / L × 100	61.65±0.37	1.95±0.26	3.17±0.42	58.90±0.22	1.03±0.16	1.75±0.37
A F / L × 100	75.58±0.41	2.20±0.29	2.91±0.39	73.30±0.25	1.17±0.18	1.59±0.34
A / L × 100	72.50±0.23	1.24±0.16	1.71±0.23	70.80±0.25	1.19±0.18	1.68±0.36
D L / L × 100	9.67±0.16	0.83±0.11	8.57±1.13	11.10±0.17	0.81±0.12	7.28±1.55
P L / L × 100	10.25±0.19	1.00±0.13	9.76±1.29	16.05±0.22	1.03±0.16	6.42±1.37
V L / L × 100	7.25±0.16	0.88±0.12	12.11±2.41	10.40±0.17	0.78±0.12	7.46±1.59
A L / L × 100	9.10±0.19	1.01±0.13	11.12±1.49	10.35±0.16	0.77±0.12	7.42±1.58
D B / L × 100	8.10±0.11	0.57±0.08	7.02±0.93	8.25±0.16	0.74±0.11	8.99±1.92
A B / L × 100	7.33±0.13	0.70±0.09	9.61±1.27	7.90±0.16	0.74±0.11	9.42±2.01
C P / L × 100	9.40±0.11	0.60±0.08	6.38±0.84	9.90±0.15	0.71±0.11	7.16±1.53
P W / P L × 100				29.17±1.67	12.12±1.18	41.54±4.11

Notes are the same as in Table 8.

Table 10. Examination of the significance on the differences of respective characters found between two groups of loaches cultured with the different amount of food, in 2 and 10 % of food on body weight respectively.

Character	Female		
	$\lvert M_{10\%}-M_{2\%}\rvert$	$\sqrt{(10\% p\varepsilon)^2+(2\% p\varepsilon)^2}$	$\frac{\lvert M_{10\%}-M_{2\%}\rvert}{\sqrt{(10\% p\varepsilon)^2+(2\% p\varepsilon)^2}}$
T L / L × 100	0.19	0.26	0.70
H L / L × 100	0.76	0.22	3.45
S / H L × 100	0.52	1.09	0.48
B H / L × 100	1.17	0.20	5.86
B W / L × 100	0.75	0.18	4.06
D F / L × 100	0.57	0.32	1.77
P F / L × 100	0.17	0.20	0.88
V F / L × 100	0.80	0.44	1.82
A F / L × 100	0.43	0.49	0.88
A / L × 100	0.77	0.34	2.28
D L / L × 100	0.36	0.21	1.73
P L / L × 100	0.15	0.21	0.69
V L / L × 100	0.32	0.18	1.81
A L / L × 100	0.82	0.22	3.69
D B / L × 100	0.14	0.16	0.87
A B / L × 100	0.08	0.15	0.51
C P / L × 100	0.79	0.16	4.99

Male		
$\lvert M_{10\%}-M_{2\%}\rvert$	$\sqrt{(10\% p\varepsilon)^2+(2\% p\varepsilon)^2}$	$\frac{\lvert M_{10\%}-M_{2\%}\rvert}{\sqrt{(10\% p\varepsilon)^2+(2\% p\varepsilon)^2}}$
0.50	0.27	1.87
1.38	0.21	6.49
2.22	0.62	3.57
0.54	0.18	2.96
0.07	0.14	0.48
0.70	0.33	2.15
0.04	0.29	0.15
1.23	0.30	4.08
1.14	0.29	3.89
0.70	0.30	2.35
0.10	0.25	0.40
0.24	0.29	0.83
0.53	0.22	2.38
0.13	0.22	0.60
0.13	0.20	0.63
0.15	0.20	0.77
0.48	0.16	3.06

Note : For the bodily parts measured, see Fig. 2 in p. 86 of this volume.

Table 11. Examinations of the sexual differences in respective characters of loach cultured with 2 and 10 % of food on body weight respectively.

Character	The group cultured with 10 % of food on body weight			The group cultured with 2 % of food on body weight		
	$\|M♀-M♂\|$	$\sqrt{(♀p\varepsilon)^2+(♂p\varepsilon)^2}$	$\frac{\|M♀-M♂\|}{\sqrt{(♀p\varepsilon)^2+(♂p\varepsilon)^2}}$	$\|M♀-M♂\|$	$\sqrt{(♀p\varepsilon)^2+(♂p\varepsilon)^2}$	$\frac{\|M♀-M♂\|}{\sqrt{(♀p\varepsilon)^2+(♂p\varepsilon)^2}}$
TL/L×100	1.85	0.25	7.32	1.54	0.27	5.61
HL/L×100	0.77	0.16	4.89	1.38	0.26	5.26
S/HL×100	2.80	0.43	6.56	1.09	1.18	0.93
BH/L×100	0.25	0.20	1.30	0.38	0.19	2.04
BW/L×100	0.54	0.16	3.37	0.27	0.17	1.63
DF/L×100	0.91	0.33	2.77	1.05	0.32	3.29
PF/L×100	0.22	0.22	0.99	0.43	0.27	1.58
WF/L×100	0.73	0.32	2.28	2.75	0.43	6.45
AF/L×100	0.71	0.46	1.55	2.28	0.68	3.35
A/L×100	0.24	0.29	0.82	1.70	0.34	4.94
DL/L×100	1.69	0.23	7.48	1.43	0.23	6.15
PL/L×100	5.71	0.21	27.58	5.80	0.29	20.14
VL/L×100	2.30	0.16	14.03	3.15	0.23	13.58
A⊣/L×100	1.94	0.19	10.36	1.25	0.25	5.04
DB/L×100	0.41	0.17	2.48	0.15	0.19	0.81
AB/L×100	0.50	0.14	3.62	0.57	0.21	2.80
CP/L×100	0.18	0.11	1.61	0.50	0.19	2.62

Note : For the bodily parts measured, see Fig. 2 in p. 86 of this volume.

の形質数は天然魚において最も多く，また２群の飼育魚を比較すると，天然の条件に近い環境下のR群の方がC群におけるよりも多い。

B．実験 2　栄養状態の良否と形態との関係

a．平均値の比較：測定結果は第８と第９表に，また係数平均値の群間における差の信頼度は第10表にそれぞれ示した。これらの表から明らかなように，差異が認められる形質は雌では体高，体巾および尾柄高，雄では頭長と胸鰭の位置および胸鰭の形（鰭の巾／鰭の長さ）で，信頼度の値が３以上を示し差異の傾向が認められる形質は，雌では頭長と，臀鰭の長さ，雄では吻長と臀鰭の位置および尾柄高である。各形質の係数平均値を両群について比較すると，10％投餌量群の方が雌においては頭長，体巾および尾柄高において大きく，反対に臀鰭の長さにおいて小さく，また雄においては頭長，吻長，腹鰭の各位置，尾柄高と胸鰭の巾／胸鰭の長さなどにおいてそれぞれ大きい値を示す。

著しい相違は，雄における胸鰭の形であって，10％投餌量群では鰭は巾広く，その後下縁は後方に円く突出し，第２から第９までの各鰭条は，その長さの約１/２が分枝し，さらにその約１/２は外方に向かって再分枝するが，２％投餌量群では細長く，長さの約１/４が分枝し，再分枝鰭条はみられない。この相違は両群の同一体長魚の間においても認められる。なお，永田川産の雄の胸鰭は10％投餌量群とは類似し，２％投餌量群とは著しく相違する。

b．性徴発現形質の比較：性徴の発現形質は，10％投餌量群では全長，頭長，吻長そして背鰭，胸鰭，腹鰭，臀鰭の各長さの７部，また２％投餌量群では，全長，頭長，腹鰭および肛門の各位置，背鰭，胸鰭，腹鰭および臀鰭の各長さの８部である（第11表）。これらの各部分長のうちで両群に共通する性徴形質としては，雌の方が各鰭が短く，頭が大きいことであり，一方，各群に特異な形質は，10％投餌量群では雄の吻が長く，また２％投餌量群では，雌の腹鰭および肛門がそれぞれ後方に位置する諸点である。

考　察

以上の実験結果から，天然魚と飼育魚との形態的相違は，松井（1952）がウナギで指摘したように環境の差異によるもので，本実験における天然魚と飼育魚とは，いずれも永田川の同一地域から採集したドジョウであり，遺伝的形質の相違によるものとは考えられない。そして両者間で相違する形質は，変動する体形因子に起因し，これらの体形因子の変動は，環境要因や魚自体の生理的要因の差による相対成長率の差異によるものと思われる。相対成長率を変異せしめる環境条件には種々あろうが，その主要なものとしては餌料の種類と量であろう。また生理的要因としては魚自身の運動の質と量とが考えられる。すなわち天然魚と飼育魚（R群）との環境条件の差異は，前者においては餌料が天然餌料であって探索の必要があり，外敵が存在し，運動量が大きく，生息密度が小さく，水流があるのに対して，後者においては餌料が蚕蛹と米糠とを混合した単調餌料で，それが常に所定の位置におかれるので探索の必要がなく，外敵が少なく，運動量が小さく，生息密度が大きく，水流がないなどである。つぎに，いずれも飼育魚であるR群とC群とでは，餌料は同一であるが，底質が前者は泥土であるのに対して，後者はコンクリートで，そのために魚の運動様式が異なり，後者は前者に比較して，吻部および頭部の使用が少なく，したがってそれらの成長が劣り，また泥に潜入する際，最も大きい働きをする尾柄部は，遊泳にのみ使用される結果，発達しないことが考えられる。

天然魚と飼育魚（R群）間の形態的差異よりも，いずれも飼育魚であるR群とC群の間の差異の方が大きい事実は，飼育方法によって体形が変化することを示しており，養成技術要因（餌料の種類およびその量，底質，放養量，水質および水流など）の如何によって，天然魚と飼育魚との形態的差異をできるだけわずかにすることが必ずしも不可能ではないと思われる。

性徴の発現形質を実験1および2の結果から検討すると，すべての実験群に共通する形質は，胸鰭，背鰭，腹鰭および臀鰭の各長さの4形質，2または3群に共通する形質は，全長（10％および2％投餌量群ならびにN群に出現　以下同様），頭長（10％および2％投餌量群），吻長（10％投餌量群およびN群），臀鰭の位置（R群およびN群），肛門の位置（R群および2％投餌量群）の5形質，単一群にだけ現われる形質は，体高（N群）腹鰭の位置（2％投餌量群），臀鰭基底長（N群）および尾柄高（N群）の4形質である。これらのうち，天然魚にはなくて飼育魚にだけ現われる性徴形質は，頭長および肛門の位置，また飼育魚にはなくて天然魚だけに現われる形質は体高，臀鰭基底長および尾柄高などである。以上からして性徴の発現形質は，環境によって相違することが結論され，したがってそれは人為的に変異さすことが可能と思われる。

実験1からすると性徴形質数は天然魚に最も多く，飼育魚では天然により近い環境下で飼育された群の方に多い結果を得たが，いずれも同一生息環境下で飼育されたと思われる実験1のR群，実験2の10％および2％投餌群におけるその数が，それぞれ6，7および8形質で，R群よりも実験2の2群の方が，また10％よりも2％投餌量群の方がそれぞれ多く，さきの結果と一見して矛盾を感ずる。しかし，これらの原因が前者では放養時の魚体の大きさが，実験1において体長40 mm以下，実験2においては40〜65 mm，すなわち実験2の方が，より長い期間にわたって天然の環境下におかれたこと，また後者では，2％投餌量群の方が10％投餌量群よりも，より多く天然餌料に依存したことに起因するとそれぞれ考えるならば，さきの推論には誤りがなかろう。

摘　　要

1．生息環境の相違によって変異する形質は，雄では頭長，吻長，体巾，胸鰭および臀鰭の各位置と尾柄高，そして雌では頭長，体高，胸鰭，腹鰭，臀鰭，肛門の各位置および胸鰭の長さなどである。

2．天然魚は飼育魚よりも，雄において吻が長く，雌において体高が低く，肛門が前方にある。

3．栄養状態の相違によって変異が認められる形質は，雌では体高，体巾および尾柄高，また雄では頭長および胸鰭の位置ならびに胸鰭の形（鰭の巾／鰭の長さ）などである。

4．性徴の発現形質数は環境によって相違し，天然魚が飼育魚よりも多く，また飼育魚間の比較では，天然の環境に近い方が多い。

5．天然魚と飼育魚との形態的差異は，養成技術によって小さくすることができる。

文　　献

1）久保田善二郎・松井　魁，1955：ドジョウの形態学的研究—Ⅱ．成長に伴う体形の変化に就いて．本報告，**5**（2）．

2）――――――，1961：ドジョウの形態学的研究—Ⅲ．雌雄による形態的差異（2）．本報告，**11**（1）．

3）松井　魁，1952：日本産鰻の形態，生態並びに養成に関する研究．本報告，**2**（2）．

ドジョウの生態に関する研究—I.

生　態　的　分　布※

久　保　田　善　二　郎

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)—I. Ecological Distribution※

By

Zenziro KUBOTA

There is few reports on the ecological distribution of this fish, except for the distribution during the hibernation investigated by UCHIDA (1939) and the influence of pH on the survival rate shown by TANAKA (1947) or any short descriptions, although the geographical distribution was already clarified by many authors. Therefore, it is indispensable to clarifying the ecological distribution and habits of this fish as the foundation study in many practical problems such as saving the effort to capture, finding out the suitable habitats for culturing, planning the culturing pond, giving foods, finding out the methods of spraying the insecticide for the purpose of confirming the damage of this fish as small as possible or setting the most effective area for the conservation of the spawners.

From these standpoints, the author examined on the distribution and habitats of this fish in the river, in the culturing pond and in the paddy field, during the period from July 1952 to Oct. 1956. And the obtained results were illustrated in the below.

1) In the River Nagata, the loach is distributed in the middle or down stream of the river, and is especially abundant in the muddy bottom of the branches from the down stream.

2) The four species of fishes, *Carassius auratus*, *Olyzias latipes*, *Mogurnda obscura* and *Chaenogobius urotaenia*, live in the River Nagata together with the loach.

3) The loach in the river migrates to upstream in rainy season for the purpose

※ 水産講習所研究業績　第333号，1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 333.
Received June 26, 1961.

of spawning, while in autumn it goes down for the purpose of self-conservation. And the swimming up is thought to be induced by the flood due to rain-fall, while going down is by the dearth of water due to the drying up of the paddy fields.

4) The loach burrows into mud in winter. Usually a pit is occupied by an individual, but occasionally a group of many fishes is found in the mud in the dried place. This is thought to be one of the method to adapt the dried environment to tolerate the drying of the body.

5) The tails of the most of the hibernating individuals burrow into the mud deeper than the heads, next there comes the individuals burrowing horizontally, and very few of the burrowing depth of the tail of the individuals is shallower than that of the head.

6) No significant difference in population density is found between the loach burrowing into the sunny place and that into the shadded one in winter.

7) The dense burrowing population is found in the deeper water than in any other place in the course of the river in winter.

8) The dense burrowing population of loach can be found in the deeper muddy bottom in winter.

9) The larger the individual is, the deeper it burrows into layer.

10) When the mud at 10 cm deep attains to the temperature higher than 13°C, the hibernating loach is awaked and swims into the water from mud.

11) In summer, denser population is found in the shadded place than in the sunny one ; and even if the feeding place is set on the sunny place, the loach is distributed more densely in the shadded place.

12) When it is cloudy, the loach is distributed densely around the feeding place.

13) When it is rain, the loach cultured in the experimental pond swims actively along the side-wall rather frequently anticlockwise.

14) In the winter season, the loach in the culturing pond assembles in and around the pit.

15) The loach in the paddy field is distributed densely along the side-wall near the flooding channel, and nothing is found to swim near the draining channel.

16) The habitat in paddy field of loach longer than 70 mm in body length differs from that of the individuals shorter than it. And this is thought to be resulted from the difference in food habit between these groups.

まえがき

ドジョウの地理的分布については，GÜNTHER (1868)，石川と松浦 (1897)，BERG (1907)，岡田と木場 (1928，'36 a・b)，半田と荒木 (1930)，森と内田 (1934)，上野 (1935)，VLADYKOV (1935)，岡田と内田および松原 (1935)，丹羽 (1936)，岡田と池田 (1938)，岡田と松原 (1938)，内田 (1939)，宮地 (1940)，大島 (1940)，原田 (1943)，添田 (1943)，蒲原 (1950)，末広 (1947)，岡田と中村 (1950)，CHEN (1951)，青柳 (1957) などの多くの記載があり，これらを総括すると，ドジョウは樺太および千島には産しないが，

北海道*，本州，四国，九州，奄美大島，沖縄島，朝鮮，中国（沿海州，黒龍江水域から南支までの各地），台湾，海南島およびインドにわたるきわめて広い範囲に分布することになる。一方，その生態的分布については，阿部（1935），犬飼（1938），内田（1939），大島（1940），田中（1947），谷本（1948），江口と疋田（1952），藤田と久保田（1952）および青柳（1957）などの研究報告または記載がある。しかしこれらのうち，内田が冬眠の状態などに触れてやや詳細に，また田中は魚体に及ぼす塩基性土壌の影響について詳細にそれぞれ記述した以外は，簡単な記載にすぎず，これに関する一連の研究はまだ行なわれていない。

本魚の生態的分布や習性を知ることは，その採捕，種苗の放養，養魚池の設計，投餌，水田における農薬の撒布および親魚の保護区域の設定などを行なう上に重要である。このような見地から，著者は1952年７月から1956年10月にわたる間，河川，養魚池ならびに水田において本魚の分布と生息環境との関係をしらべた。

本文に入るに先立ち，御校閲を賜わった京都大学教授松原喜代松博士ならびに終始御指導を仰いだ本所教授松井魁博士に感謝の意を表する。

実験の材料および方法

河川における分布：魚類の分布を１河川について調査するには，かなり大きい水系を選ぶことが望ましいが，それには多くの経費と年月とを要し，現実の状態では完全な究明を行なうことは非常に困難である。このような立場から，著者は小河川である下関市吉見町の永田川を選んだ。まず，永田川の高低・巾・水深・底質などの測量および調査を1952年夏に実施し，それらの結果をもとにして，この川を河川形態的立場から６区域に区分した。生物相の研究は，これらの各環境区分について生息している魚類と甲殻類の種類およびそれらの量などをしらべたが，とりわけ，ドジョウと他の生物との相互関係を究明するために，ドジョウが秋季に移動を行なうと思われる1952年10月１日，10月17日，11月18日および1956年10月27日の４回にわたって調査を行なった。その調査にあたっては，下流（永田橋）から最上流点まで歩いて，川の各形態区分につき延120分間，６本撚り，25番手の網地で作った長さ 108 cm，巾 68 cm，高さ 43 cm で，後方に袋網のある四手網（第１図）を使用して，生物を採捕することにつとめた。捕獲した生物は 10 % ホルマリン溶液に固定後，川の各区域別に種類および尾数ならびに魚体重量をしらべた。

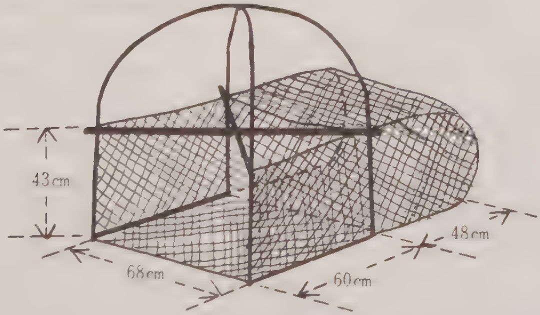

Fig. 1. A sketch of the scaff net used in collecting the samples in the present study.

ドジョウの季節的分布についての研究のうち，夏季についての研究は，1952年７月下旬以後と1953年７月

* 天然分布か移殖したものかは明らかでない。

初旬以前にわたっている。調査方法は，各月の上旬に1～2回，昼夜間別（昼間—8時から18時まで，夜間—18時から翌日の8時まで）に長さ 30 cm，直径 9 cm，漏斗部の口径 2 cm の竹製の筌（第2図）に誘引餌料として，煮沸した蚕蛹と煎米糠とを混合し，泥で練り固めて直径が約3～4 cm の団子にしたものを入れ，それらを永田川の上流から下流におよぶ13の定点（第3図）に各1個あて設置し，それぞれの採捕尾数から魚の分布状態を推定した。

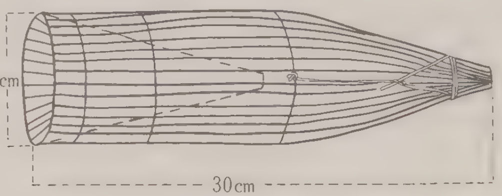

Fig. 2. A sketch of the trap, what is called "Sen", "Mondori" etc., used in collecting the samples in the present study.

また，冬季の分布についての調査は，1954年11月下旬から1955年2月下旬にわたり行なった。その調査方法は，環境の異った数区域を選定し，水または氷を排除した後，一定面積の底部の泥を鍬および手で掘りおこしてドジョウを採捕し，それらの尾数から単一面積当りの生息密度を求め，環境別に比較検討した。

比較方法は，t分布表から $n=M-1$，$\alpha=0.05$ に相当する t の値を求め

$$\overline{x}-t\alpha\frac{\mu}{\sqrt{M}}<m<\overline{x}+t\alpha\frac{\mu}{\sqrt{M}}$$

同様にして

$$\overline{y}-t\alpha\frac{v}{\sqrt{N}}<n<\overline{y}+t\alpha\frac{v}{\sqrt{N}}$$

を計算し，両者の差異を検定した。

養魚池における分布：実験は，夏季については1954年8月および9月に，また冬季については1954年11月から1955年2月にかけて，それぞれ水産講習所の養魚池で実施した。供試池は，コンクリート製で，長さ 190.5 cm，巾 92 cm の長方形で，その縦軸の方向は南北を指している。側壁の高さは 63 cm，底部は注水口より排水口に向かって約 4 cm 傾斜し，排水口に隣接して直径 35 cm，深さ 6 cm の魚溜りがあり，泥土を約 5～10 cm の厚さにしき，水深は約 30 cm に保ち，完全止水とした。

夏季における実験方法は，約1カ月間供試池で飼育し，十分に池の様子に馴れた体重 1.3～2.5 g の0才魚を1号池には88尾，2号池には50尾，3号池には18尾を，それぞれ再放養し，数日後全て池の縦を4等分，横を3等分して12区画をつくり，その各区画に上述した河川の夏季における実験と同じ方法で，筌を1個あて設置した。その後1時間してから筌を取揚げて，おのおの採捕した尾数を算定し，それをもとにして，魚の分布状態と天候および餌場との関係を究明した。

冬季における実験方法は，まず1954年11月13日に池の底部にしかれた泥の表面を水平にし，池の部分によって泥の厚さが異なるようにした。つまり，泥の厚さは注水口側では薄く，約4～5 cm，またその反対側にある排水口，とくに魚溜りでは厚く約 10 cm であった。次に0才魚を1号池には50尾，2号池には23尾，そして3号池には8尾を放養し，無投餌のまま放置した。その後1955年2月3日に池水を排除してから，全て池を縦に6等分，横に4等分して24区画をつくり，手で泥を掘りおこして各区画における魚の生息尾数を調査した。

一毛作田における分布：第1実験は1955年4月13日，第2実験は4月14日～15日，第3実験は4月14日に下関市綾羅木町南部の山麓附近にある一毛作田で，それぞれ実施した。実験日の天候は，第1実験では晴天，

第2実験では豪雨，そして第3実験では曇りであった。供試水田は，第1と第2実験は同一で，縦（南北）20 m，横（東西）13 m，面積260 m^2，また第3実験では，縦（東西）36 m，横（南北）15.5 m，面積558 m^2である。

実験方法は，各実験とも，水田の南北を4等分（各区間を北から南へA……Dとする），東西を5等分（各区間を東から西へI……Vとする）して20区画（各区画をAI，AII……DIV，DVと以下呼称する）をつくり，上述の河川や養魚池の場合と同じ方法で，各区画に1個あて筌を設置した。設置時間は，第1実験では11時30分から14時30分までの3時間，第2実験では19時から翌日の8時までの13時間，第3実験では12時30分から15時までの2時間30分間である。実験終了後は，各区画別に捕獲魚の尾数および体長をしらべ，それらの結果から魚の分布状態を推定した。

実験結果

A．河川における分布

a．永田川の形状および生物相

I．永田川の形状

永田川は，山口県下関市吉見町上永田郷の1小溜池に源を発し，途中で石神堤から流出する支流と合し，永田の水田地帯を南北に縦走し，下流域で2・3の支流を合わせて吉見湾にそそぐ，長さ3,800 mの小河川である。これらの無名の支流は，記述の便宜上，A・B・C・D・E・F川とそれぞれ呼称する（第3図）。川の断面形状について述べると，水源池は標高44 mで，それより急傾斜をなし，水源池から約300 mの国道交叉点をわずかに過ぎた地点から約400 mの間は，傾斜がいったん緩やかとなるが，石神堤の西方では再び急傾斜となり，2・3の小滝を有する渓流をなす。同溜池から流出するE川との合流点より大川橋までは，やや緩やかな傾斜を示すが，同橋は標高4 m程度で，それより河口までの1,360 m間はほぼ水平で，そのうち永田橋から下流の約400 mの間は海水の影響をうける。出水前の川巾および水深は，水源池からF川との合流点附近までは狭く，しかも浅いが，石神堤西方では断続的な淵を形成し，その部分では川巾は3～4 m，水深は1 mを越える。E川との合流点から下流では，前記の地域に比較して川巾および水深は変異が小さく，漸次増加の傾向を示す（第4図）。

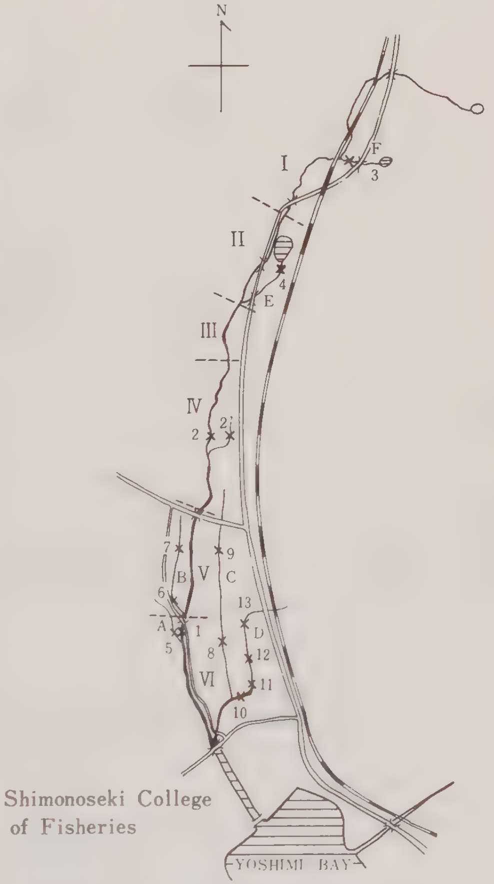

Fig. 3. A sketch map of the surveyed stations along the River Nagata, Yamaguchi Pref.
Note : Arabic numeral indicates the station, while roman one is the morphological classification of the river-bed following KANI'S definition.

可児（1952）の河川の型の分類方式に従って永田川を区分すると，水源池から約800 mの間は，源流—渓流移行型（第I区），それよりE川との

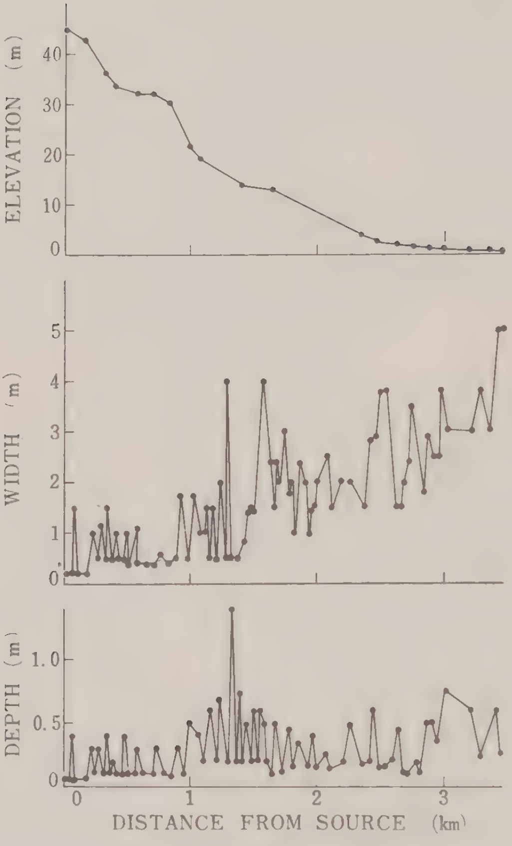

Fig. 4. Profiles of the River Nagata, in which the elevation, width and depth before flood are represented.

合流点までは渓流型（第Ⅱ区），それより下流約200 m附近にある石橋までは渓流—中流移行型（第Ⅲ区），それより大川橋までは中流型（第Ⅳ区），それより約500 m 下流の石橋までは中流—下流移行型（第Ⅴ区），それより永田橋までは下流型（第Ⅵ区）の６区域に分けられる。また支流については，Ａ・Ｂ・Ｃ・Ｄ川はいずれも下流型，Ｅ川は渓流型，Ｆ川は源流型に属する（第３図）。

各区域の底質は，第Ⅰ区では径10～50 cmの角のある浮石，第Ⅱ区は第Ⅰ区と同程度の浮石か，または苔類によっておおわれた岩盤，第Ⅲ・第Ⅳ区は径が10 cm前後の浮石または沈石，第Ⅴ・第Ⅵ区は砂または礫からなっている。次に支流はＡ・Ｂ・Ｄの各川では黒灰色の壌土，Ｃ川は礫の混じった砂泥，ＥおよびＦ川は径50 cm程度の浮石が散在している。

川の沿岸部は，第Ⅰ区ではスギ・メダケ・モウソウチク・カキ・カヤ，第Ⅱ区はシイ・マツ・ハギ・クリ・スギ・カキ・メダケ・カヤ，第Ⅲ区および第Ⅳ区はカヤ・メダケ・ハゼ・ツバキ・クヌギ，第Ⅴ区はカヤ，部分的にネザサ・タチヤナギ，第Ⅵ区は雑草，部分的にアシ・カヤ，また支流では，Ａ・Ｂ・Ｃ・Ｄの各川は丈の低い雑草，Ｅ川は本流の第Ⅱ区と，Ｆ川は同じく第Ⅰ区と，それぞれ同様な植物が自生している。これらの各区域のうち，本流の第Ⅱ区および支流のＦ川は樹木が川の上部をおおい，日中においても薄暗い環境を形成している。

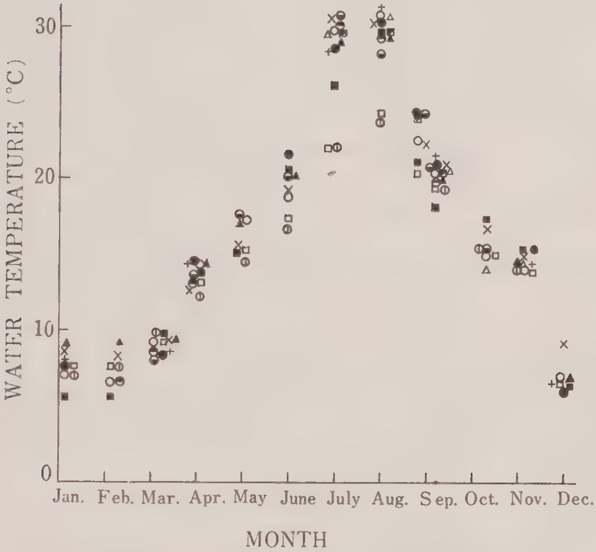

Fig. 5. Seasonal variations of the monthly means of water temperature at respective sampling stations.
Note : ○, Station 1 ; □, Station 2 ; ⦶, Station 3 ; ■, Station 4 ; ◓, Station 5 ; ◒, Station 6 ; ●, Station 7 ; △, Station 8 ; ◪, Station 9 ; ×, Station 10 ; +, Station 11 ; ▲, Station 13.

川の月別の水温は，第3図に示す13地点のうち Station 12を除いた各地点で測定した（第5図)。すなわち水温は各地区とも1月および2月が最低で5〜9°C，また7月および8月が最高で 22〜32°C である。本流に位置する Station 1（第Ⅵ区）および2（第Ⅳ区）ならびに3（第Ⅰ区）における水温は12月ではそれぞれ 7.0・6.6・7.0°C，1月では 7.0・7.6・7.0°C，そして2月では 6.6・7.6・7.6°C で，冬季にはほぼ一致するが，7月では 30.0・22.2・21.2°C または8月では 31.0・24.6・24.0°C で，夏季には上流および中流域に位置する Station 3および2は下流域に位置する Station 1よりも6〜8°C 低温である。支流に属する各地点の水温は夏・冬ともに Station 1 のそれとほぼ一致する。各地点における水温の年較差は，Station 3 では17°C，Station 2 では 18°C，そして残りの各地点では 22〜25°C で，下流域の方が上流域よりも大きい。

Ⅱ. 生　物　相

捕獲した生物の種類は，魚類ではメダカ *Oryzias latipus*，ヤリタナゴ *Acheilognathus lanceolata*，カワムツ *Zacco temminckii*，フナ *Carassius auratus*，ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*，ドンコ *Mogurnda obscura*，ヨシノボリ *Rhinogobius similis*，ビリンゴ *Chaenogobius castanea* およびウキゴリ *Chaenogobius urotaenia* の9種，甲殻類ではスジエビ *Leander paucidens* の1種，合計10種である。

各区域で捕獲された生物の種類および個体数は，第1表と第6図に示した通りである。すなわちその個体数は，第Ⅰ区ではカワムツが38尾で総数の 50.7％を占めて最も多く，つづいてスジエビ・メダカ・フナの順位で，これらは 10.7〜16.0％の値を示す。第Ⅱ区ではカワムツが94尾で総数の 74.0％を占め，第Ⅰ区および第Ⅱ区におけると同様に最も多く，つづいてフナが20尾，15.8％を占める。第Ⅲ区では，第Ⅰ・Ⅱ

Table 1. Number of specimens of respective species caught by 120 min. scooping with scaff net at respective morphological areas in the River Nagata, Yamaguchi Pref. as defined by Mr. KANI (1952).

Species	Japanese names	I	II	III	IV	V	VI	Total
Oryzias latipes	Medaka	11 (14.6)	2 (1.6)	1 (3.2)	21 (14.7)	23 (27.7)	54 (27.7)	112 (17.1)
Acheilognathus lanceolata	Yaritanago	5 (6.7)	6 (4.7)	1 (3.2)	6 (4.2)	1 (1.2)	0	19 (2.9)
Zacco temminckii	Kawamutsu	38 (50.7)	94 (74.0)	6 (19.4)	54 (37.8)	26 (31.4)	0	218 (33.4)
Carassius auratus	Funa	8 (10.7)	20 (15.8)	21 (67.7)	59 (41.2)	31 (37.4)	118 (60.5)	257 (39.3)
Misgurnus anguillicaudatus	Dozyo	0	0	1 (3.2)	0	0	20 (10.2)	21 (3.2)
Mogurnda obscura	Donko	0	1 (0.3)	1 (3.2)	0	0	2 (1.0)	4 (0.6)
Rhinogobius similis	Yoshinobori	1 (1.3)	2 (1.6)	0	0	0	0	3 (0.5)
Chaenogobius castanea	Biringo	0	0	0	0	2 (2.4)	0	2 (0.3)
Chaenogobius urotaenia	Ukigori	0	0	0	2 (1.4)	0	1 (0.5)	3 (0.5)
Leander paucidens	Suzi-ebi	12 (16.0)	2 (1.6)	0	1 (0.7)	0	0	15 (2.3)
Total		75	127	31	143	83	195	654

Note : For the morphological areas in the river, see Fig. 3. Numbers enclosed in parentheses represent the percentages of respective species on total catch from respective areas.

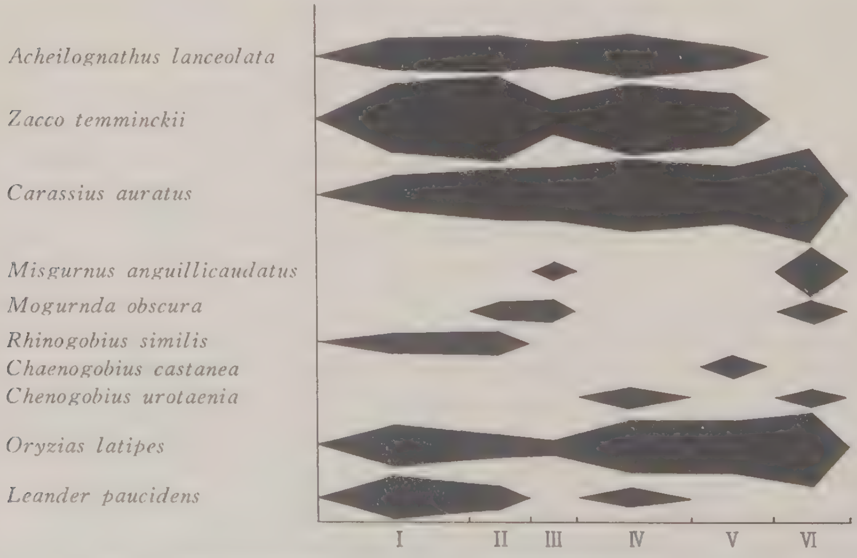

Fig. 6. Catches of respective species of fishes in respective morphological areas of the river-bed during autumn when loach is supposed to descend the river.
Note : Numbers of caught individuals are represented by LOHMANN'S spherical method.

区の場合と相違してフナが21尾で総数の67.7％を占めて最も多く，カワムツは6尾，19.4％に過ぎない。第Ⅳ区および第Ⅴ区ではフナは59尾と31尾，総数に対して41.2％と37.4％，またカワムツは54尾と26尾，総数に対して37.8％と31.4％で，前者が後者よりもわずかに多い。第Ⅴ区ではメダカが増加し，総数の27.7％を占める。さらに第Ⅵ区ではフナが118尾で，60.5％を，つづいてメダカとドジョウがそれぞれ27.7％と10.2％を占める。以上からして，第Ⅰ区と第Ⅱ区ではカワムツ，第Ⅲ区から下流域ではフナが優占種として認めることができる。捕獲した生物の総個体数は654，そのうちフナが257，カワムツが218で，それらは総数の 39.2％と33.4％で，この両者が大半を占める。

Table 2. Same as in Table 1, but shown by weight(g).

Species	Japanese names	I	II	III	IV	V	VI	Total
Oryzias latipes	Medaka	3.2 (3.1)	0.5 (0.2)	0.2 (0.1)	6.1 (1.2)	6.7 (3.2)	16.2 (2.3)	32.9 (1.5)
Acheilognathus lanceolata	Yaritanago	5.4 (5.2)	5.8 (1.9)	4.1 (1.2)	4.6 (0.9)	1.3 (0.6)	0	21.2 (1.0)
Zacco temminckii	Kawamutsu	43.2 (41.8)	115.8 (37.0)	6.8 (2.0)	61.8 (12.2)	4.8 (2.3)	0	232.4 (10.6)
Carassius auratus	Funa	48.4 (46.8)	100.4 (32.1)	286.1 (83.9)	423.8 (83.8)	191.7 (92.5)	575.5 (81.0)	1625.9 (74.5)
Misgurnus anguillicaudatus	Dozyo	0	0	22.0 (6.4)	0	0	107.5 (15.1)	129.5 (5.9)
Mogurnda obscura	Donko	0	89.0 (28.4)	22.7 (6.6)	0	0	8.8 (1.2)	120.5 (5.5)
Rhinogobius similis	Yoshinobori	0.3 (0.3)	0.6 (0.2)	0	0	0	0	0.9 (0.04)
Chaenogobius castanea	Biringo	0	0	0	0	3.1 (1.5)	0	3.1 (0.1)
Chaenogobius urotaenia	Ukigori	0	0	0	8.7 (1.7)	0	2.5 (0.4)	11.2 (0.5)
Leander paucidens	Suzi-ebi	3.0 (2.9)	0.9 (0.3)	0	0.8 (0.2)	0	0	4.7 (0.2)
Total		103.5	313.0	341.9	505.8	207.6	710.5	2182.3

Notes are the same as in Table 1.

各区域で捕獲された生物の種類別重量は第2表に示した通りである。すなわち，重量は第Ⅰ区ではフナが48.4g，カワムツが43.2gで総重量に対してそれぞれ46.8％と41.8％を占め，それらの重さは他魚種よりも著しく重い。第Ⅱ区では，第Ⅰ区におけると同様にカワムツとフナが最も大きい値を示し，総重量に対して37.0％と32.1％をそれぞれ占める。同区においてドンコが89.0g，28.4％の値を示すが，これは1尾の重さおよび割合である。第Ⅲ区から第Ⅵ区までの各区域ではフナが191.7～575.5g，総重量の81.0～92.5％で，他魚種よりも著しく重い。各生物の種類別合計重量はフナが1625.9gで，全重量2182.3gの74.5％を占め，カワムツ・ドジョウ・ドンコがこれにつづく。各区域で捕獲した生物の重量は第Ⅴ区を除いて下流の区域ほど重く，上流の区域ほど軽い。

次に各種類別に捕獲された区域および尾数について述べると，メダカおよびフナは川の全域にわたるが，上流域よりも下流域の方に多く，ヤリタナゴおよびカワムツは第Ⅰ区から第Ⅴ区にかけて，そのうち後者は沿岸部に植物の繁茂した緩流地区の所，スジエビは第Ⅰ・第Ⅱ・第Ⅳ区，とくに第Ⅰ区で，ヨシノボリは上流域の第Ⅰ・第Ⅱ区で，ビリンゴは第Ⅴ区で，ウキゴリは第Ⅳ・第Ⅴ区で，ドンコは第Ⅱ・第Ⅲ・第Ⅵ区で，

ドジョウは第Ⅲと第Ⅵ区，とりわけ後者の区域で，それぞれ採捕された。

以上の結果から本河川に生息する生物の分布は，下記の５つの形式に分けられる。

1）全域にわたって分布するが，上流域よりも下流域に多い………フナ・メダカ

2）上流域にのみ分布する…………………………………………………ヨシノボリ

3）上流域および中流域に分布する……………カワムツ・ヤリタナゴ・スジエビ

4）中流域および下流域に分布する………………ドジョウ・ビリンゴ・ウキゴリ

5）上流域より下流域にかけて不連続的に分布する…………………………ドンコ

そして，ドジョウとの共生種はフナ・メダカ・ドンコ・ウキゴリの４種である。これらの生物の遊泳層は，メダカでは表層，カワムツでは表層か中層，フナおよびヤリタナゴでは中層かまたは下層，ドジョウ・ドンコ・ヨシノボリ・ビリンゴ・ウキゴリ・スジエビなどでは底層である。生息状態はフナ・メダカ・ヤリタナゴ・カワムツなどは群をなすが，ドンコ・ヨシノボリ・ビリンゴ・ウキゴリなどは単独かまたは数尾が同一の場所に見受けられる。ドジョウは本流と冬の潜伏場所となる支流との合流点附近では密集し，その他の場所では単独の場合が多い。この密集個体は，夏季の生息場所を離れて移動してきたものか，環境および生活様式の異なる冬の生息場所へ移ろうとして待機しているもののように思われる。

本調査期間中に観察されたが捕獲できなかった生物は，第Ⅵ区でモクズガニがあり，また本調査以外の時期に後述する筌で採捕されるか，あるいは観察された生物としては，第Ⅵ区でウナギ，ボラの稚魚およびマハゼ，第Ⅳ区と第Ⅵ区でテナガエビがある。

捕獲したドジョウの尾数は21尾，重量は 130ｇで，これらは採捕された生物の総個体数および総重量に対してそれぞれ3.2％および5.9％に過ぎない。しかし後述するように，本魚の常時の生息地域は，本流ではなくてこれに附帯する溝であり，本流では冬季と夏季には観察されず，ただ４～６月および10～11月の移動期間においてのみ散見されるのであって，この移動魚の捕獲数量の全捕獲物に対して占める割合をもって，水系全般におよぼすことは妥当でない。こころみに1956年10月１日にＤ川で本実験と全く同様な方法で約１時間採集を行なった結果，個体数はフナが67尾（総数に対して 51.9％，以下これにならう），ドジョウが35尾（27.1％），メダカが26尾（20.2％），ドンコが１尾（0.8％），また重量は，ドジョウが251.5ｇ（61.3％），フナが 150.4ｇ（36.7％），メダカが7.5ｇ（1.8％），ドンコが0.8ｇ（0.2％）で，本流に比べて，ドジョウの占める割合はきわめて大である。

ｂ．ドジョウの季節的分布

Ⅰ．冬季を除いた季節における分布

永田川における月別，場所別にみた24時間当りの採捕尾数は第３表に示した通りである。* この表によると，ドジョウが捕獲された場所は，Station ５，６，７，10，11，12および 13の各定点，つまりＡ，ＢおよびＤの各川であり，また捕獲されなかった場所は，Station １，２，３，４，８および９の各定点，つまり永田川の本流およびＣ，Ｅの各川である。捕獲された場所と捕獲されなかった場所との環境の相違は，底質が前者では泥土であるのに対して，後者では礫，砂または砂泥のうちの１つに相当している。

次に，ドジョウが季節的に移動を行なうか否かを知るために，それが捕獲されたＢ川およびＤ川について，月別にそれぞれの川の全捕獲尾数に対する各定点における捕獲尾数の割合を求めた（第７・第８図）。まず，Ｂ川の Station ６と７におけるその割合をみると，前者は３月から６月までは65％以上で後者におけるよりも大きいが，６月以後では減少し，８月および９月では40％以下となり，後者におけるよりも小さい。しかし９月から10月にかけては再び増加し，10月と11月では 100％の値を占める。また，Ｄ川の各定点における割合は，６月までは Station 10が 50％以上で最大値を示すが，６月以後では急減し，８月では０％，９月では 22％，10月では０％ときわめて小さく，一方，Station 13は９月，Station 11は８月および10月

＊昼夜間別の採捕尾数は，第２報　食性の項で述べる。

にそれぞれの月の最大値を示す。しかし10月以後では Station 10の値が急増し11月では71%である。つまり割合は，両川とも冬季および春季には，上流域におけるよりも下流域における方が大であるが，6月を境として，夏季には逆に上流域の方が下流域よりも大きくなる。とりわけ冬季における主要な生息場とな

Table 3. Monthly deviation of the catch of loach (individuals/24 hrs.) at respective stations set along the River Nagata.

Station	1952 July30 ~ Aug. 2	Aug. 27 ~ Aug. 29	Sep. 30 ~ Sep. 31	Oct. 29 ~ Oct. 30	Dec. 1 ~ Dec. 2	1953 Jan. 6 ~ Jan. 7	Feb. 5 ~ Feb. 6	Mar. 4 ~ Mar. 5	Apr. 3 ~ Apr. 4	May 4 ~ May 5	June 3 ~ June 4	July 8 ~ July 9	Total
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	10.0	4.5	1.0	0	0	0	0	0	1.0	0	2.0	2.0	20.5
6	6.0	1.5	3.0	11.0	0	0	0	1.0	18.0	0	4.0	1.0	45.5
7	10.0	3.0	0	0	0	0	0	0	8.0	0	2.0	1.0	24.0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	2.5	0	5.0	3.0	0	0	0	4.0	11.0	9.0	1.0	35.5
11	2.5	1.5	4.0	0	3.0	0	0	0	0	5.0	8.0	0	24.0
12	0	0	0	2.0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	3.0
13	0.5	7.5	2.0	0	1.0	0	0	0	3.0	6.0	1.0	1.0	22.0
Total	29.0	20.5	10.0	18.0	7.0	0	0	1.0	34.0	22.0	26.0	7.0	174.5

Note : For the position of station, see Fig. 3.

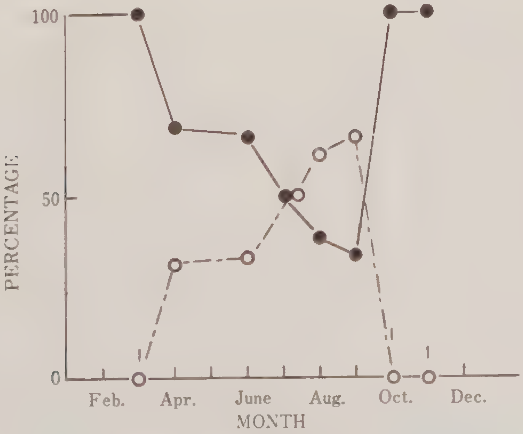

Fig. 7. Seasonal change of the rate of the catch from the two stations to total catch from the Branch "B" of the River Nagata.
Note : ●, Station 6 ; ○, Station 7.

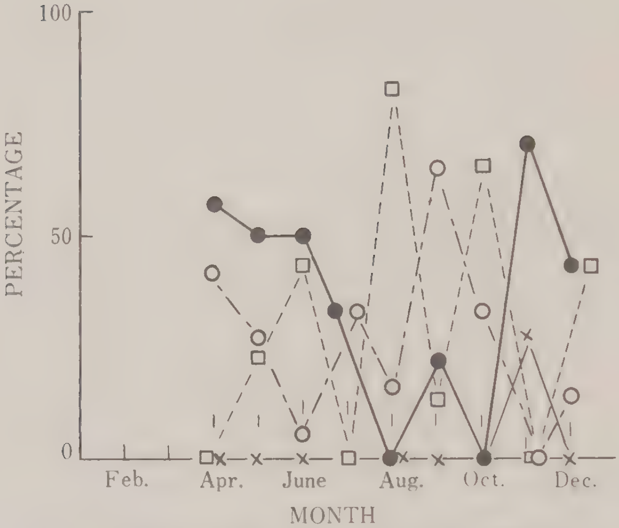

Fig. 8. Seasonal change of the rate of the catch from respective stations to total catch from the Branch "D" of the River Nagata.
Note : ●, Station 10 ; □, Station 11 ; ×, Station 12 ; ○, Station 13.

る Station 10における8月～10月の捕獲尾数が皆無か，またはきわめて少ないことは注目に値する。そして，B川では9月，D川では10月以降になると再び下流域の割合が増加してくる。以上の結果は明らかにドジョウが季節的に移動を行なうことを示している。

Ⅱ．冬季における分布

イ）冬眠の状態

ドジョウが泥中へ潜伏する際は，必ず頭部より入る。その際，必然的に体の太さに匹敵する楕円形の孔が，泥の表面から内層に向って生ずる。この孔の方向はわずかに蛇行するけれども，ほぼ垂直である。したがって開口している孔を目標として，鍬を泥中に入れるならば，魚を確実に採捕することができる。1つの孔に対する生息魚の尾数は普通1尾であるが，乾燥地域では数尾または十数尾の個体が塊状をなしている場合がある。この状態について，内田（1939）は乾いた池・水田などの泥を堀り返すと，泥土中から蟄伏中のドジョウが得られるが，全長 30～40 mm 位の小さいドジョウが数尾成魚に巻きついているのを幾度か実見し，この両者間に関係があるのか，単に同一場所に蟄居していたために過ぎないのか未だ明らかになし得ないと報告されているが，著者の今までの観察では，体長が 40～80 mm の小型魚のみの場合が多く，大型魚と小型魚とが混在する場合は稀であり，そして大型魚のみの場合にはまだ遭遇しない。1つの孔に単独で潜伏している魚の方向を知るために Station 6（第3図）で行なった調査結果は，第4表に示した通りである。すなわちその方向は，頭部が尾部よりも上方にある場合および体が水平の場合がそれぞれ 46 % と 41 % で多く，頭部が尾部よりも下方にある場合は 13 % で稀である。もちろん1つの孔に多数の魚が塊状となっている際には，魚の向きは一定せず，各個体が互いにからみあっている。孔の断面は，魚が頭部から潜入し，最深部で体を極度に屈折して方向を回転させ，頭部を尾部より上，または体を水平にするから，その部分は途中に比べてやや広くなっている。魚は孔の最深部に潜伏し，体の最上部位から泥の表面までの距離，つまり魚の泥中における生息深度は，後述するように魚の体長に比べて小型魚ではほぼ等しく，また大型魚では大

Table 4. Orientation of loach burrowing in mud.

Orientation	Number of individuals	Percentage
Burrowing depth of head is shallower than that of tail	17	46
Burrowing nearly horizontally	15	41
Burrowing depth of head is deeper than that of tail	5	13

きい。冬眠を終って泥中より水中へ出る際には，必ず頭部から出る。

ロ）河川における位置と魚の生息密度との関係

調査は1954年11月下旬から1955年1月下旬にかけて永田川における13の定点および Station 2′ ならびにStation 6と7との中間区域で実施した（第3図)。その方法は，一定区画中の魚を残らず採捕し，単一面積当りの魚の生息密度を求め，つづいて前述したドジョウが泥中へ潜入する際に生ずる楕円形の孔の分布からその生息面積を測定し，この両者から魚の生息量を推定した（第5表)。この表によるとドジョウが捕獲

Table 5. Burrowing density of loach in winter and estimated biomass at each station set along the River Nagata.

Station	Area surveyed (m^2)	Captured individuals	Its weight (g)	Density		Width of habitat(m^2)	Estimated biomass(g)
				(ind./m^2)	(g/m^2)		
1	5.0	0	0	0	0	0	0
2	5.0	0	0	0	0	0	0
2′	10.0	33	76.6	3.3	7.7	65.0	501
3	5.0	0	0	0	0	0	0
4	5.0	0	0	0	0	0	0
5	5.0	0	0	0	0	0	0
6	2.9	188	395.8	64.8	136.5	73.0	9966
6-7	2.5	61	122.5	24.4	49.0	16.0	784
7	3.0	0	0	0	0	0	0
8	5.0	0	0	0	0	0	0
9	5.0	0	0	0	0	0	0
10	30.0	295	979.8	9.8	32.7	246.0	8044
11	9.0	78	119.7	8.6	13.3	86.0	1144
12	3.6	26	44.4	7.2	12.3	56.0	689
13	16.5	70	196.2	4.2	11.9	16.5	196
Total	112.5	751	1935.1	——	——	558.5	21324

された場所は Station 2′，6，6－7，10，11，12および13の各定点，つまりB川の下流域とD川ならびに永田川の中流附近に流入する支流であり，捕獲されなかった場所は，Station 1，2，3，4，5，7，8および9の各定点，つまり永田川の本流とその上流域の支流，A川とB川の上流およびC川などである。捕獲された場所と捕獲されなかった場所との環境の相違は，前者では，底質が泥土で，流速が緩やかなのに対して，後者では底質が石，礫，砂，砂泥または層の薄い泥土のうちのいずれかに相当する。魚の分布は不連続的で，後述するように川の底部が低い部分，つまり凹所で，しかも泥土の厚い場所に密集している。前

述した冬を除いた季節における捕獲場所と本実験におけるそれとはほぼ一致するが，後者において Station 5および7が含まれない点が相違している。この原因は，Station 5は泥土の層が薄くてドジョウの冬季における潜伏場所として不適当であること，また Station 7は魚が残らず下流域へ移動したことによるものと思われる。

1 m^2 当りの生息尾数は，B川では最上流である Station 7が0尾，中流区域の Station 6～7 が24.4尾，下流域の Station 6が64.8尾で，下流域の方が上流域よりも著しく多い。またD川では上流域の Station 13が4.2尾で最も少なく，Station 12が7.2尾，11が8.6尾，そして最下流域である10が9.8尾で最も多い。つまり，B川におけると同じ関係が認められる。

次に魚の生息面積はB川では Station 6－7が16 m^2，6が73 m^2，またD川では Station 13が16 m^2，12が56 m^2，11が86 m^2，10が246 m^2 で，両川ともに上流域よりも下流域の方が広い。したがって必然的に魚の推定生息量は，両川とも上流域よりも下流域の方が大である。

ハ）日当りと日陰の場所における魚の生息密度の比較

実験は1954年12月21日，冬至の日に実施した。供試場所は Station 10（第3図）の1区画で，川は東から西へ走り，川巾は3 m，そのうち中央の1 mは凹んで水深が5～10 cmの水路となっている。また両端の各1 mは中央部の水面より約5 cm高く，降雨以外の時には水は流れていない（これらの各区域を北側から南に向ってA・B・C区とそれぞれ呼ぶ）。両岸はほぼ垂直な竹垣が築かれてあって，その直後にある土手の崩解を防止している。ところで，調査日の正午にはこの南側の土手およびその上に自生している雑草のためにC区では完全に，B区ではごくわずかに日陰となり，一方A区では日当りの場所となっていた。

実験方法は，まず糸で川の縦10 mを5等分，巾3 mを3等分して15区画を作り，各区画別に泥土の厚さおよび生息魚の尾数をしらべた。次に日当りのA区と日陰のC区における各区画の泥の厚さおよび生息魚の尾数の平均値を求め，それぞれを比較した。なお，各区画の泥土の層の厚さは，直径が約1 cm，長さが約50 cmの鉄棒を1区画につき3カ所あて泥中に差しこんで測定し，平均した値で表わした。

A区とC区における泥土の厚さの比較：　日当りと日陰との魚の生息密度を比較するには，それ以外の環境条件が同一でなければならない。ところで，冬季におけるドジョウの生息密度は，後述するように泥土の厚さによって相違するから，まずこの点について両区の比較を行なった。各区画における泥土の厚さは第9図において括弧内に示した。これらの値からA区およびC区における泥の厚さの平均値を求めると，

A区では　$9.8 \pm 2.23 = 7.6 \sim 12.0$ cm

C区では　$8.0 \pm 2.78 = 5.2 \sim 10.8$ cm

ただし信頼度は95 %

それ故に，両区間において泥の厚さの差異は認められない。

A区とC区における魚の生息密度の比較：　上記の結果から日当りと日陰以外の環境条件が同一であるとみなして，両区の魚の平均生息密度の比較を行なった。各区画における魚の生息尾数は第9図に示した通りである。これらの値から，A区とC区における1区画当りの平均生息尾数を求めると，

A区では　$11.8 \pm 9.69 = 2.1 \sim 21.5$尾

C区では　$10.8 \pm 9.85 = 1.0 \sim 20.7$尾

それ故に，魚の生息密度の差異は，両地域間において認められない。

ニ）川の縁辺部と中央部および高所と低所における魚の生息密度の比較

水路が川の中央部にある場合および一方に偏している場合ならびに川の底状に高低がなくて，水が一杯にある場合の3つの異った環境下で実験を行なった。これらの実験をそれぞれ，第1，第2および第3実験とする。

第1実験　水路が川の中央部にある場合：　さきの実験におけるA区とC区はいずれも川の縁辺区域で，これらの底部は調査日には水面より高く，泥土の層の厚さおよび魚の生息密度は両区域間において有意な差

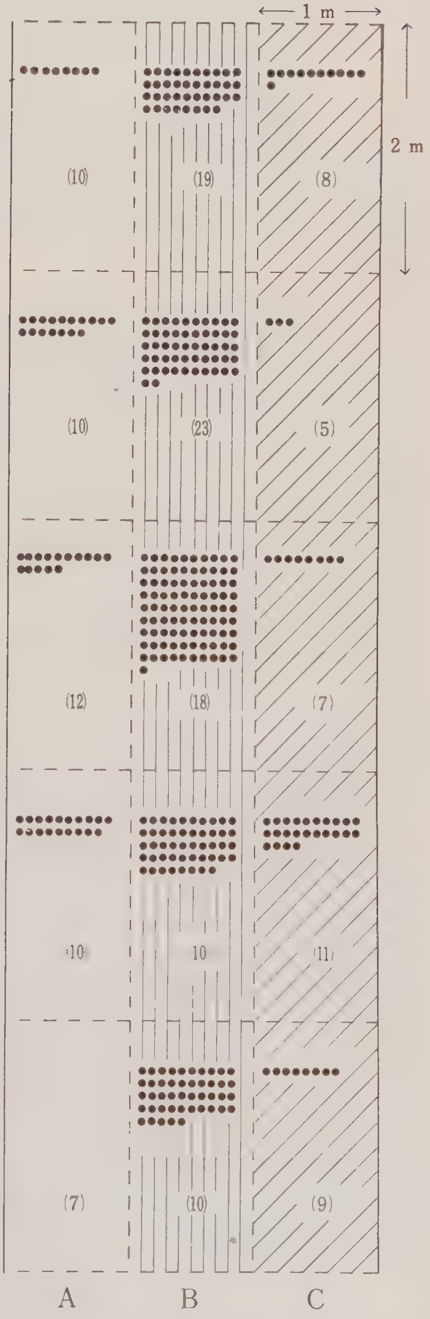

Fig. 9. Schematic representation of the distribution of loach during the burrowing season.
Notes : The oblique lined parts symbolize the shaded parts in the muddy bank, the blanck ones do the sunny place in it, while the vertical lined ones are the flowing course of water. Number of the solid circles means the number of individuals caught in each quadrate of 1 m wide and 2 m long. And the numerals enclosed in parentheses indicate the depth(cm) of the mud.

異が認められないから，この両区を一括して同一区域とし，この区域（A，C区）と中央部で，しかも低所であるB区とを泥土の厚さおよび魚の生息密度についておのおの比較した。*

A・C区とB区における泥土の層の厚さの比較：各区画の泥土の厚さは第9図において括弧内に示した。これらの値から区域別の泥の厚さの平均値を危険率5％の信頼限界でもって求めた。

すなわちA・C区の平均値は　8.9±1.52＝7.4〜10.4 cm

同じくB区では　16.0±7.20＝8.8〜23.2 cm

それ故に泥土の厚さの差異は，両区間において認められない。

A・C区とB区における魚の生息密度の比較：上述の結果から，川の縁辺部と中央部および高所と低所以外の環境条件がA・C区とB区とで同一であるとみなして，両区の魚の生息密度を比較した。各区画の魚の生息尾数は第9図に示した通りである。これより各区域の1区画当りの平均生息尾数を危険率5％の信頼限界で求めた。

すなわちA・C区の平均値は　11.3±2.77＝8.5〜14.1尾

B区は　54.8±25.95＝28.9〜80.8尾

それ故に両区の平均値間には著しい差異が認められる。本結果から魚の生息密度は，1）川の中央部の方が縁辺部よりも高率である。2）川の底部が高所にある場合よりも低所にある場合の方が魚の密度は高いという2つの仮説が立てられる。ところで魚の生息密度に直接影響を及ぼす真因子が，両仮説のうちのいずれにあるかを知る目的でさらに下記の実験を行なった。

第2実験　水路が川の一方に偏している場合：実験場所は第1実験の場合と同様に Station 10（第3図）の1区画で，川巾や両岸の形状ならびに日陰の有無などの環境条件は上述した通りである。しかし北側のA区は中央および南側のBおよびC区よりも約10 cm 低くて水路となっており，一方B区およびC区は出水以外の時では水が流れていない（第10図）。

実験方法は，まず川の縦および巾各3 m を糸でそれぞれ3等分して，1 m^2 の面積を有する区画を9個とし，A・B・Cの各区域別に1区画当りの泥の厚さおよび魚の生息尾数の平均値を求めて比較検討した。

区域別，泥土の厚さの平均値の比較：各区画における泥土の厚さは第10図において括弧で示した。これらの値から区域別に泥土の厚さの平均値を求めると

A区では　14.0±6.58＝ 7.4〜20.6 cm

B区では　24.7±2.26＝22.4〜26.9 cm

C区では　21.3±46.2＝16.7〜26.0 cm　　ただし信頼度は95％

すなわち，泥土の厚さの平均値は，A区とB区とでは差異が認められ，後者の方が前者よりも厚く，またA区とC区とでは差異が認められない。ところで，ハ）の項における実験結果から日陰の有無は魚の生息密度に影響を及ぼさないから，ともに川の両端の区域に位置するA区とC区とは水路の有無が魚の生息密度に影響を及ぼすかどうかを検するのに好適な場所といえる。

A区とC区における魚の生息密度の比較：各区画における魚の生息尾数は第10図に示した通りである。これより両区における1区画当りの平均生息尾数を危険率5％の信頼限界でもって求めると

A区では　16.3±3.92＝12.4〜20.3尾

C区では　6.3±1.54＝4.8〜7.9尾

この結果から，川の底部の形状が高い区域よりも低い区域の方が，魚の生息密度が高率であるといえる。次にB区の平均値は，14.3±7.45＝6.9〜21.8尾で，B区とC区とでは差異が認められない。しかし t－test における危険率を5％から10％に拡げると

B区では　14.3±5.06＝9.3〜19.4尾

C区では　6.3±1.05＝5.3〜7.4尾

---

* 冬眠期以前では水位が高かったので，ドジョウは現在の水位より高い泥底にもぐっている。

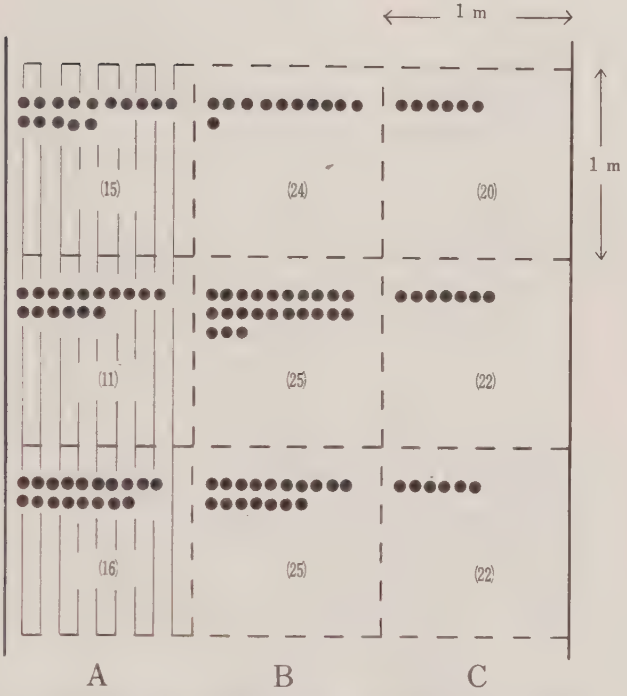

Fig. 10. Schematic representation of the distribution of loach during the burrowing season.
Notes are the same as those of Fig. 9.

で，両区間において差異が認められる。したがって，本実験からは魚の生息密度が川の縁辺部よりも中央部の方が大きいという仮説を棄てるわけにはいかない。そしてB区がC区よりも魚の生息密度が高率である原因は，川の中央部であること，泥土の層が厚いこと，水路に近接することなどの複雑な諸要因が考えられる。

第3実験　各区域において水が一様にあり，底部の高さに差異がない場合：実験は上述の諸実験と同じくStation 10（第3図）の1区画で行なった。川の形状は，さきの場合とほぼ同じであるが，底部の形状だけは相違している。すなわち各区域は底部の高さが同じで水が一様に流れている。

各区域における泥土の厚さの平均値の均一性検定：各区画別の泥土の厚さを第11図の括弧内に示した。これらの値から各区域における泥の厚さの平均値を求め，それら各平均値が一定であることを帰無仮説として F—test を行なった。その結果　全変動 $S_{RJ}=178.0$，級間変動 $S_J=71.9$，級内変動 $S_{R(J)}=106.1$

$n_1=2$，$n_2=6$ で $F_0=2.033$，$F^2_6(0.05)=5.14$

それ故に等平均値の帰無仮説は棄てられない。そこで各区域とも同一条件下にあるものとして次の検定を行なった。

各区域における魚の生息密度の平均値の均一性検定：各区域別の魚の生息尾数を第11図に示した。これらの値から各区域における魚の生息密度の平均値を求め，それらが一定であることを帰無仮説として F—test を行なった。その結果，全変動 $S_{RJ}=105.56$，級間変動 $S_J=20.16$，級内変動 $S_{R(J)}=85.4$

$n_1=2$，$n_2=6$ で $F_0=0.708$，$F^2_6(0.05)=5.14$

$F_0<F(0.05)$ であるから等平均値の帰無仮説は棄てられない。

以上の3実験の結果を綜合すると，魚の生息密度は川の底部の高低と密接な関係があり，低所が高所より

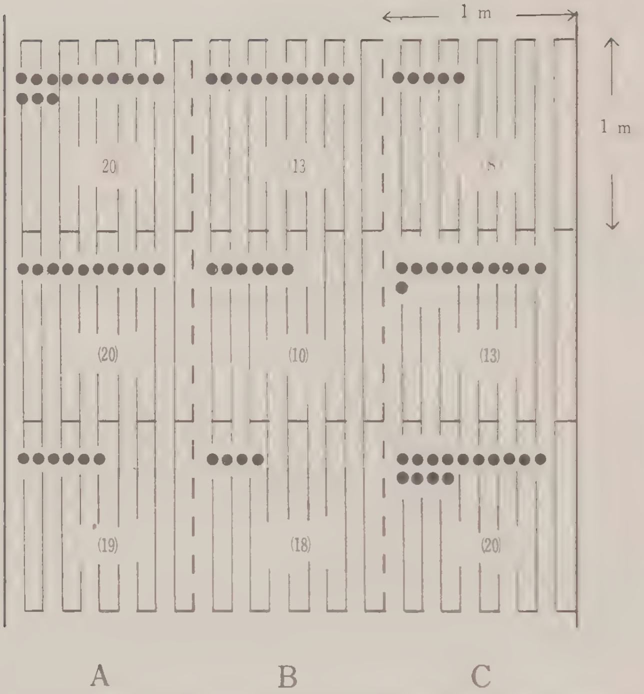

Fig. 11. Schematic representation of the distribution of loach during the burrowing season.
Notes are the same as those of Fig. 9.

も高率で，川の縁辺部と中央部といった位置関係に対しては全く無関係であることがわかる。そして第2実験においてB区がC区よりも魚の生息密度が高率を示した原因は，B区が川の中央部であるからではなくて，泥土の層が厚いことおよび水路に近接していることの2要因によるものと思われる。

ホ）泥の層の厚さと魚の生息密度との関係

前述したハ）の項における実験のA区とC区における各区画別の採捕尾数から，泥土の層の厚さと 1 m² 当りの魚の生息密度との関係を図示したのが第12図である。両者の関係は曲線で表わされ，魚の生息密度は泥土の層が厚いほど大である。そして泥土の層の厚さが約 5 cm 以下の場所には，ドジョウは分布していない。

へ）魚の大きさと泥中における潜伏深度との関係

調査場所は Station 6および10（第3図）の区域で，しかも泥土の層の厚さが 20 cm 以上の場所を選んだ。このように泥土の厚いところを選んだ理由は，泥土の層が薄いと魚の生息尾数が少ないだけではなくて，大型魚も小型魚もこの層の中に圧縮された形で生息するために，ごく自然的な状態の観察が行なわれないことによるものである。

調査方法は，完全に水を排除後ドジョウの生息を示す地表面に開口した孔を目安として，手でその側面から掘り進み，出現した魚に対しては，その最上部位から地表面までの垂直距離を測定した。その結果は第13図に示した通りである。すなわち魚の体長（x cm）と潜伏深度（y cm）との関係は直線となり

実験式　$y = 2.32x - 9.20$

で表わされる。つまり体長が 7 cm の魚は，ほぼその体長に匹敵する深さ，そして体長 10 cm では約 12 cm,

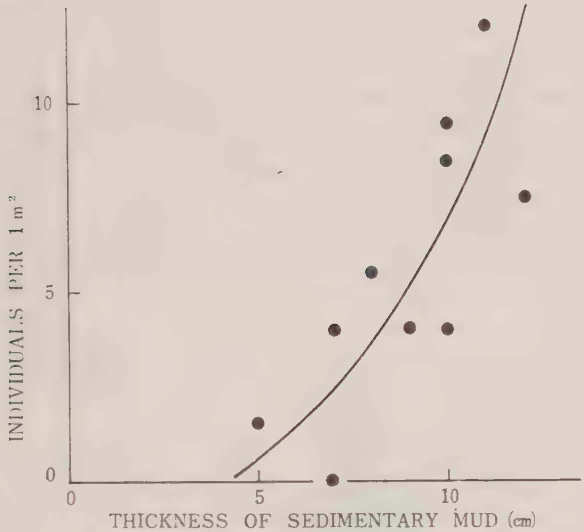

Fig. 12. Increase of burrowing density with depth of the sedimentary mud.

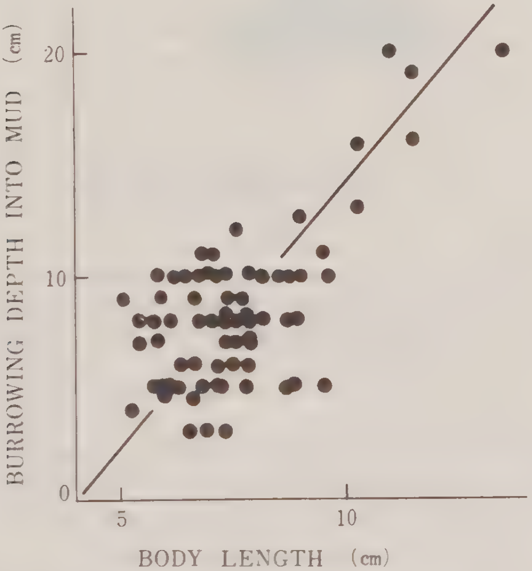

Fig. 13. Change of the burrowing depth of individuals in relation to their body length.

体長 13 cm では約 21 cm の深さに潜伏している。しかしこの潜伏深度は、同一大きさの魚間においてもかなりの変異がある。

ト）泥土の浅層と深層における生息魚の体長および体重組成

上述の実際結果から魚体の大きさと泥中における潜伏深度との間には正の相関のあることが明らかとなったが，本実験では泥上の浅層と深層別に魚の生息密度および体長と体重組成を求めそれぞれを比較した。

調査は1955年2月14日に Station 6 (第3図) の1区画で実施した。同区域における泥上の厚さは約25 cm, 調査日の水温は 8.4°C, 泥土の温度は深さ 10 cm で 8.6°C, 同じく 20 cm では 7.4°C であった。調査方法は水を完全に排除後，底部の1部を深く掘り下げて，泥土を他の場所へ移し，その場所から縦 50 cm，横 30 cm の矩形の鉄板を地表面下 10 cm になるように水平に泥土内に挿入し，鉄板の上部と下部に生息する魚を別別に採捕し，尾数の算定および体長と体重の測定を行なった。なお鉄板の泥中への挿入は6回行なった。その結果，魚の採捕尾数は 10 cm 以浅では117尾，以深では17尾で，全体に対する割合は前者では 87.3 %, 後者では 12.7 % である。また捕獲魚の重量は 10 cm, 以浅では 188.5 g，以深では 111.8 g，総重量に対する割合は，それぞれ 62.8 % と 37.2 % であって，前者の方が後者よりも大きい。

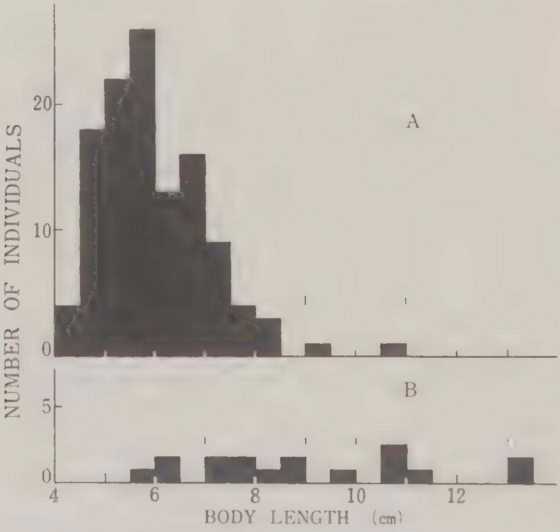

Fig. 14. Comparison of the frequency distribution of the body length of the individuals burrowing into the mud deeper than 10 cm with that burrowing shallower than this depth.
Note : A, shallower than 10 cm ; B, deeper than 10 cm.

捕獲魚の体長組成は第14図に示した通りである。体長範囲は，10 cm 以浅では 43～105 mm，以深では 57～134 mm である。これらの値から各層別の平均体長を t -test により信頼度 95 % の限界で求めると

10 cm 以浅では　59.0± 1.93＝57.1～ 60.9 mm

同じく以深では　90.0±11.85＝78.2～101.9 mm

となり，平均体長は両層に生息する魚間において差異が認められ，深層の方が浅層よりも魚体が大きい。

次に捕獲魚の体重組成を第 15 図に示した。体重の範囲は 10 cm 以浅では 0.4～7.5 g，以深では6.3～19.8 g である。各層別の魚の平均体重を，さきの体長の場合と同様な方法により求めると

10 cm 以浅では　1.60±0.23＝1.37～1.83 g

同じく以深では　6.58±2.95＝3.63～9.35 g

で，平均体重は両層に生息する魚間において差異が認められ深層の方が浅層よりも魚体重が大である。

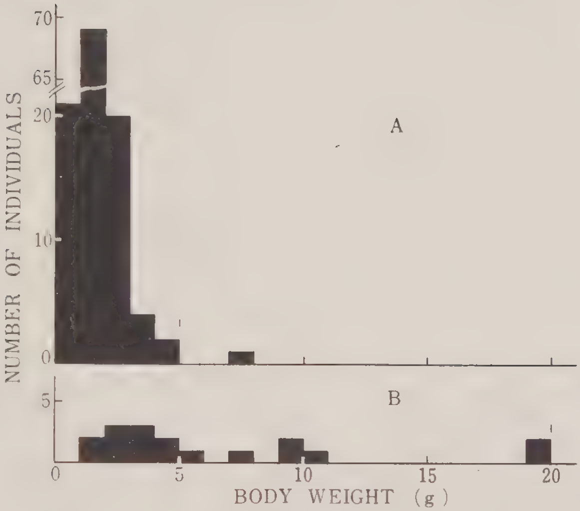

Fig. 15. Comparison of the frequency distribution of the body weight of the individuals burrowing into the mud deeper than 10 cm with that burrowing shallower than this depth.
Note : A, shallower than 10 cm ; B, deeper than 10 cm.

このように体長および体重の平均値は，いずれも 10 cm 以浅よりも以深に生息する魚の方が大きく，この事実は上述した　へ）の項の実験結果と全く一致する。

チ）冬眠を終って泥中から水中へ出現する時期

調査は1955年１月17日から３月31日までドジョウの生息地である Station 6，7，10，11，12 および 13 の各定点（第３図）で実施した。調査方法は各定点に静かに接近し，水温が低くて魚の運動が不活発な間では，あらかじめしらべておいたドジョウの生息を示す楕円形の孔，またはその周辺に魚が出現しているかどうかを注意深く探査し，体の一部が水中へ出現している場合はその数を，また水温が上昇して魚の運動が活発となってからは，著者の接近に伴って泥中へ急いで潜入する際に生ずる泥土の濁りの数を，それぞれ出現個体数として算定した。なお泥の温度は地表面から 10 cm の深さにおける温度で表わした。

調査結果は，出現個体数が皆無の場合を−，１尾を＋，２〜４尾を＋＋，５尾以上を＋＋＋として第６表に示した。すなわちこれらの各定点のうちで，最初に魚が出現した場所は Station 6 で，期日は２月３日である。この時の水温は 15.8°C，泥の温度は 10.1°Cで，魚は頭部だけを泥中より水中へ現わしていた。これらの各定点以外の地点では，２月２日に Station 5（第３図）の附近の小溝で，さきの場合と同様な魚の状態の出現魚を発見した。この時の水温は 12.8°C，泥の温度は 8.8°C であった。その後の魚の状態は，２月19日まではごく限られた地区および期日において，泥中から吻部または頭部だけを出現させ，それに近づくと，静かに孔の中に姿を消した。２月下旬からは，体の全部を現わした個体が次第に増加し，３月中旬以降では，全調査地点において魚が見られ，魚の運動性は増加し，索餌および逃避行動は活発となった。

体長が約 90 mm 以上の大型魚とそれ以下の体長で，おそらく０才魚と思われる小型魚とを，出現の時期について比較すると，前者は後者よりも遅い。すなわち，著者が最初に大型魚を発見した時期は３月18日，場所は Station 10（第３図）でその時の水温は 20.8°C，泥の温度は 15.6°C であった。

Table 6. Environmental conditions relating to appearance of loach awaked from hibernation.

Station	Date	February 3	10	11	15	16	19	28
	Weather	C	C	B	B	B	R	B
	Air temp.	12.0	14.6	4.9	11.6	11.9	11.6	14.0
6	Water temp.	15.8	14.6	14.0	14.4	14.0	——	16.2
	Mud temp.	10.1	10.2	7.2	12.6	10.9	——	13.2
	Cond. app.	+	++	+	—	—	——	++
7	Water temp.	11.2	14.2	11.8	10.2	8.8	——	14.3
	Mud temp.	10.4	10.8	8.6	8.4	8.0	——	11.2
	Cond. app.	—	—	—	—	—	——	—
10	Water temp.	12.2	14.2	10.0	14.5	11.6	10.8	11.8
	Mud temp.	12.4	10.5	8.4	12.0	12.4	10.4	11.8
	Cond. app.	—	—	—	—	—	—	—
11	Water temp.	11.8	14.8	9.6	16.2	15.3	10.6	14.4
	Mud temp.	10.1	10.4	6.2	12.0	12.0	10.4	13.7
	Cond. app.	—	+	—	—	—	++	+++
12	Water temp.	11.8	14.7	9.3	16.0	15.8	10.7	15.3
	Mud temp.	10.4	10.2	6.0	10.4	10.2	10.2	12.7
	Cond. app.	—	—	—	—	—	+	++
13	Water temp.	11.4	14.4	11.6	16.0	15.0	10.6	14.8
	Mud temp.	10.4	10.6	6.2	10.8	11.8	10.2	13.6
	Cond. app.	—	—	—	—	—	—	+

Station	Date	March 1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	18	19	20	31
	Weather	C	B	C	B	B	C	C	C	B	C	B	B	B	B
	Air temp.	10.6	14.8	14.2	12.6	19.0	10.9	11.9	12.6	13.0	19.1	23.8	14.6	12.6	16.8
6	Water temp.	12.0	14.8	16.4	16.8	17.8	14.4	12.4	——	——	20.0	23.8	23.2	——	21.0
	Mud temp.	11.0	13.0	13.2	13.1	16.0	13.0	11.4	——	——	17.3	19.6	17.0	——	18.2
	Cond. app.	+	+	++	++	++	++	—	——	——	++	++	++	——	+++
7	Water temp.	10.5	16.2	——	14.4	——	11.8	13.0	——	——	17.8	——	——	——	——
	Mud temp.	10.0	14.4	——	11.9	——	10.9	12.2	——	——	15.3	——	——	——	——
	Cond. app.	—	+	——	—	——	—	—	——	——	+	——	——	——	——
10	Water temp.	11.0	12.4	12.4	13.0	16.2	12.2	12.0	12.4	13.6	16.5	20.8	17.4	16.4	13.0
	Mud temp.	11.2	11.9	12.2	12.1	13.0	12.4	12.2	11.9	12.8	14.7	15.6	14.6	15.0	13.1
	Cond. app.	—	+	—	+	++	—	—	—	—	+	++	++	+	++
11	Water temp.	11.4	14.4	17.2	16.1	17.1	13.8	11.5	13.4	17.6	20.4	21.2	19.2	16.8	21.2
	Mud temp.	13.7	10.8	15.0	14.1	12.3	13.2	11.8	12.0	16.0	18.6	17.4	15.7	13.0	18.8
	Cond. app.	+	+++	+++	++	++	—	—	+	++	++	+++	++	++	++
12	Water temp.	11.2	15.2	17.0	16.4	17.2	14.2	13.0	13.6	17.3	20.2	20.8	18.8	16.8	19.9
	Mud temp.	11.6	11.3	15.2	12.8	11.7	13.1	12.2	12.0	14.9	16.0	16.0	15.0	11.1	18.2
	Cond. app.	—	++	++	++	++	+	—	+	+	++	++	++	++	+++

11.2	15.3	15.4	16.0	18.3	12.8	11.9	14.0	15.2	20.0	22.8	20.4	19.0	18.8
11.0	11.9	15.3	13.6	11.6	13.3	10.8	12.2	14.8	17.0	19.0	15.2	12.4	16.4
+	++	+	+	+	—	—	—	+	+	++	+	++	++

Note : For the position of station, see Fig. 3.

Abbreviations : —, none appeared ; +, a individual appeared ; ++, from two to four individuals appeared ; +++, more than 5 individuals appeared. B, fine ; C, cloudy ; R, rainy.

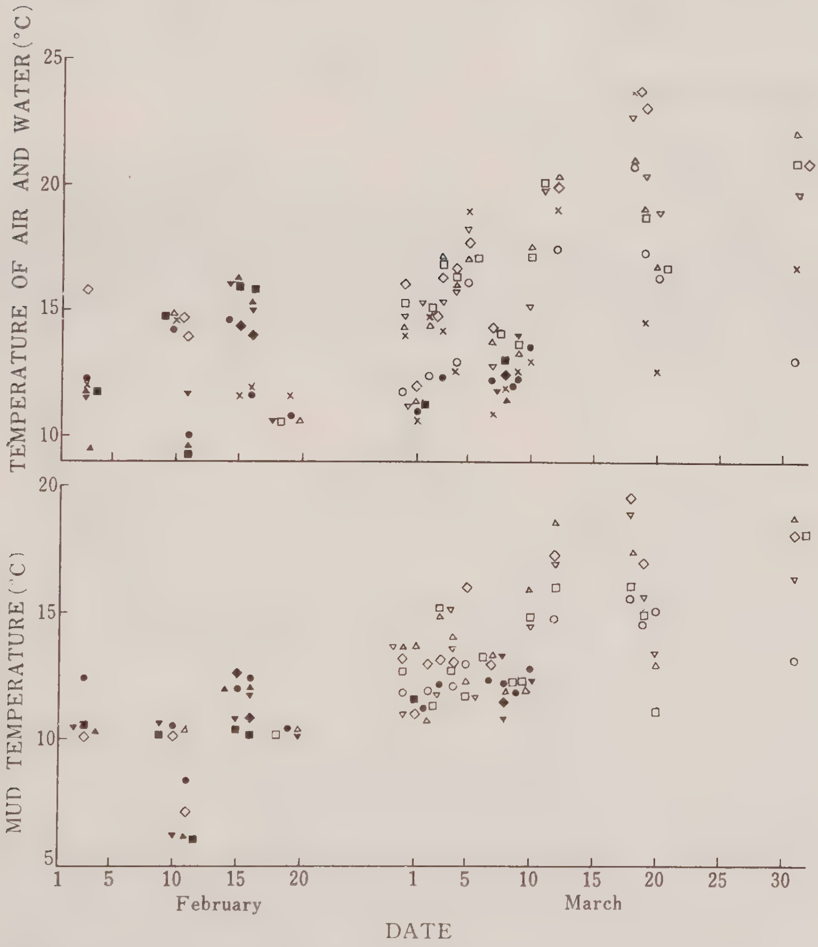

Fig. 16. Change of the temperature of air, water and mud in relation to the question whether any of hibernating individual is awaked or not. Special attention should be paid to the fact that whether individuals were awaked or not have more intimate relation to the mud temperature rather than water temperature.

Notes : ◇, Station 6 ; ○, Station 10 ; △, Station 11 ; □, Station 12 ; ▽, Station 13 ; ×, air temperature.

When all the individuals were burrowing into mud and none were swimming in the water, the temperature is represented as solid marks, while when there were some individuals swimming in the water, it is represented as open ones.

水温および泥の温度と各調査定点における魚の出現の有無との関係を第16図に示した。この図によると、魚の出現は水温よりもむしろ泥の温度と密接な関係がある。すなわち魚は2月では泥の温度が 13°C 以下であれば、その場所の水温が約 15～16°C であっても大部分の場所では泥中において潜伏を続ける。そして稀に泥上上に出現している場合があるが，その時でも泥中より体の一部を水中に現わしているに過ぎない。ところが3月に入ると場所によっては泥の温度が 13°C をこえるようになる。そのような場所では，水温が2月中旬のそれと比較して等温または低温の場合でも，ほとんど例外なく出現している。一方，それ以下の温度の場所では，出現の有無は確定的でない。そして出現した魚の状態をみると，体の一部だけではなくてその全部を水中に現わすようになる。

B．養魚池における分布

I．夏季における分布

イ）日光との関係

晴天時：第1実験は1954年9月7日，第2実験は9月10日，そして第3実験は9月11日にそれぞれ2号・3号・2号の各池で実施した。これらの各実験日の天候は晴天で，池の一部は側壁によって日光が遮ぎられ，時間的に形および面積の相違する日陰を生じ，また池水は不透明で，濃い黄緑色を呈し，魚は全く観察できなかった。実験中の水温は 29.2～30.6°C である。各実験の結果は第17図に示した。この図に示してある日

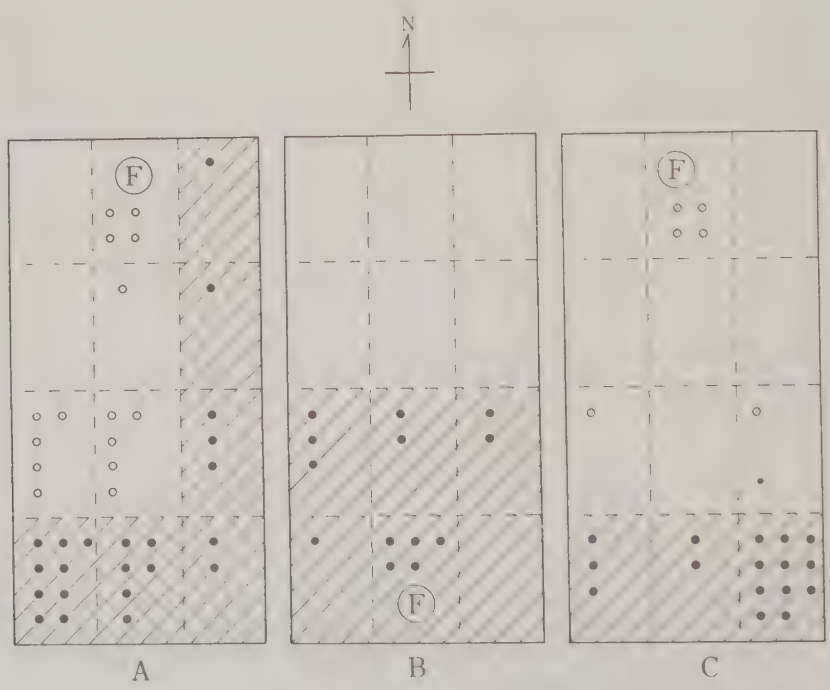

Fig. 17. Habitat preference of loach in the experimental pond, in relation to the sunny or shaded condition. Note : The parts oblique lined indicate the shaded places, while the blanck ones are the sunny places. Symbol F, represents the position where the food for loach is set every morning. And the number of solid or open circles in respective quadrates indicates the number of individuals trapped there. Special attention should be paid to the facts that the loach intends to distribute near the food or in the shade, especially in the latter.

陰の区域とは実験開始時におけるその状態である。これらの諸結果にもとづいて，日当り（a）と日陰の場所（b）別に総捕獲尾数および1区画当りの平均捕獲尾数を求めた（第7表）。すなわち環境別の捕獲尾数

Table 7. Distribution of trapped individuals in sunny day.

Exp. No.	Environment	Number of trapped individuals in the quadrate									Total	Captured number per quadrate
1	a	4	1	5	0	0	5				15(40.6%)	2.50
	b	1	1	3	2	6	9				22(59.4%)	3.66
2	a	0	0	0	0	0	0				0(0%)	0
	b	3	2	2	1	5	0				13(100.0%)	2.17
3	a	0	0	1	4	0	0	0	0	1	6(27.2%)	0.67
	b	3	2	11							16(72.8%)	5.33

Abbreviations : a, sunny place ; b, shaded place.

は，各実験ともbの方がaよりも多く，bは第1実験では59.4％，第2実験では100％，第3実験では72.8％を各総捕獲尾数に対して占める。またaとbの1区画当りの平均捕獲尾数は，第1実験では2.5尾に対して3.7尾，第2実験では0尾に対して22尾，第3実験では0.7尾に対して5.3尾で，各実験とも後者の方が前者よりも多い。なお，放養尾数に対する捕獲尾数の割合は，第1実験では74％，第2実験では72％，第3実験では44％であった。

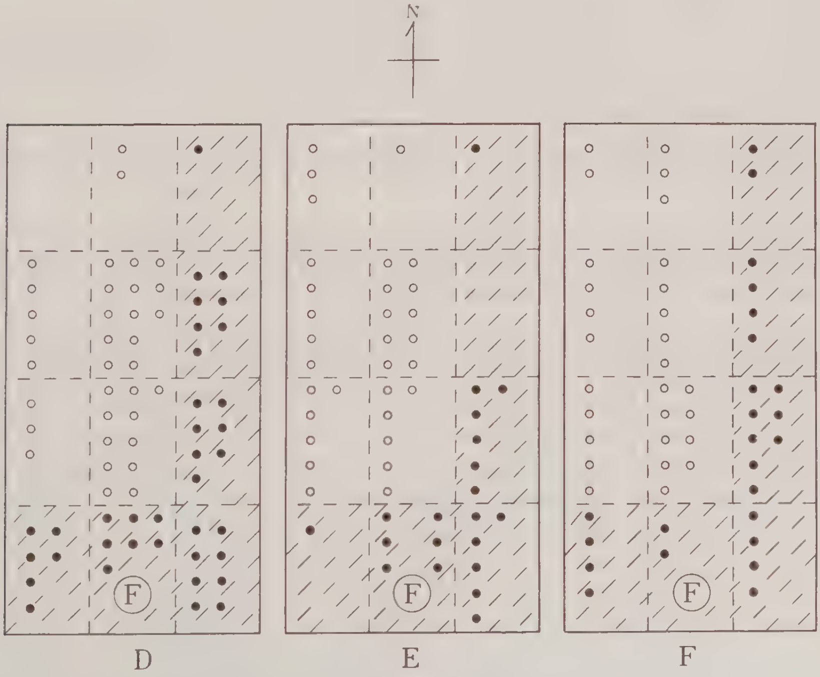

Fig. 18. Distribution of the trapped individuals observed in cloudy day.
Note : The parts oblique lined indicate the expected shaded places, while the blanck ones are sunny places. For other symbols, see Fig. 17. These figures suggest that no bias of the distribution of individuals to the expected shaded places can be observed in cloudy days.

曇天時：上記の実験結果が明らかに日光の直射の有無によるものか，または偶然によるものかを確かめるために，さらに曇天の日，つまり第4実験は1954年9月6日，第5実験は9月8日，第6実験は9月9日にそれぞれ行なった。実験中の水温は 27.0～29.2°C である。各実験の結果は第18図に示した通りである。この図において白い区域は晴天時に日当りとなるはずの区域（a′），また斜線の区域は晴天時に日陰となるはずの区域（b′）である。そこで a′ と b′ における総捕獲尾数および1区画当りの平均捕獲尾数を求めた（第8表）。a′における捕獲尾数の総捕獲尾数に対する割合は，第4実験では 48.6 %，第5実験では 60.8 %

Table 8. Distribution of trapped individuals in cloudy day.

Exp. No.	Environment	Number of trapped individuals in the quadrate						Total	Captured number per quadrate
4	a′	0	5	3	2	13	11	34(48.6 %)	4.00
	b′	1	7	7	8	7	6	36(51.4 %)	4.33
5	a′	3	5	6	1	10	6	31(60.8 %)	5.17
	b′	1	6	6	6	0	1	20(49.2 %)	3.33
6	a′	2	4	5	3	5	9	28(53.8 %)	4.67
	b′	2	4	8	4	2	4	24(46.2 %)	4.00

Abbreviations : a′, expected sunny place ; b′, expected shaded place.

そして第6実験では 53.8 % で，b′における割合との間に差異が認められない。また a′ と b′ における1区画当りの平均捕獲尾数は第4実験では4.0尾に対して4.3尾，第5実験では5.2尾に対して3.3尾そして第6実験では4.7尾に対して4.0尾で，両区域間において差異が認められない。

以上の晴天および曇天時における両実験結果から，ドジョウの分布が日光の直射と密接な関係があることは明白である。この事実は，本城と浅野（1948）がドジョウの光反応について実験を行ない，ドジョウは照度が増加すると陰性走行性を示すとした実験結果と全く一致する。

なお，放養尾数に対する捕獲尾数の割合は，第4実験では 80 %，第5実験では 59 %，そして第6実験では 57 % であった。

ロ）餌場との関係

研究方法は，上述した6実験の結果から各実験別に，餌場に接する6区画（c）と，その反対側にあって餌場に接しない6区画（d）における採捕尾数を求め，この両者をそれぞれ比較した。

Table 9. Distribution of trapped individuals in sunny day, with special reference to the position of feeding place.

Exp. No.	Environment	Number of trapped individuals in the quadrate						Total	Captured number per quadrate
1	c	0	0	4	1	1	1	7(18.9%)	1.17
	d	5	5	3	9	6	2	30(81.1%)	5.00
2	c	3	2	2	1	5	0	13(100.0%)	2.17
	d	0	0	0	0	0	0	0(0%)	0.00
3	c	0	4	0	0	0	0	4(18.2%)	0.67
	d	1	0	1	3	2	11	18(81.8%)	3.00

Abbreviations : c, a half of the experimental pond, where the feeding place is set ; d, a distal half of the experimental pond opposite the feeding place.

晴天時：第1，第2および第3実験の結果からcとdにおける捕獲尾数および1区画当りの平均捕獲尾数を求めた（第9表）。cとdにおける総捕獲尾数は，第1実験では7尾と30尾，第2実験では13尾と0尾，第3実験では4尾と18尾，またcにおける捕獲尾数の総捕獲尾数に対する割合は 18.9％，100％ および 18.2％で，これらの結果から餌場の位置と魚の分布との間の一定関係は見出されない。

上述したように，晴天時におけるドジョウの分布は日光の直射に最も影響され，魚は餌場と日陰の場所とが一致する場合（第17図B）ではすべて後者で，また両者の場所が相違する場合（第17図C）では，大部分が前者そして少数が後者の場所でそれぞれ採捕される。以上から，魚は晴天時には陰に分布し，時々餌場に出向いて摂餌し，また元の位置に帰ることが想像される。

曇天時：第4，第5および第6実験の結果から，cおよびdにおける捕獲尾数および1区画当りの平均捕獲尾数を求めた（第10表）。この表によるとcとdにおける捕獲尾数は，第4実験では42尾と28尾，第5実験では31尾と20尾，第6実験では32尾と20尾，そしてcにおける捕獲尾数の総捕獲尾数に対する割合は，それぞれ60.0％，60.8％および61.5％とほぼ安定した値を示し，捕獲尾数はdよりもcにおける方が多い。

Table 10. Distribution of trapped individuals in cloudy day, with special reference to the position of faeding place.

Exp. No.	Environment	Number of trapped individuals in the quadrate						Total	Captured number per quadrate
4	c	3	11	7	6	7	7	42(60.0 %)	7.00
	d	0	2	1	5	13	8	28(40.0 %)	4.67
5	c	6	6	1	1	6	6	31(60.8 %)	5.16
	d	3	1	6	5	10	0	20(39.2 %)	3.33
6	c	5	9	8	4	2	4	32(61.5 %)	5.33
	d	2	3	2	4	5	4	20(38.5 %)	3.33

Note : Abbreviationsare same as in Table 9.

ハ）雨天における分布

調査は1956年9月17日に実施した。その方法は池水が透明で魚の行動を正確に見ることができたから，上述の諸実験のように筌を使用することなく，魚に気付かれないように池に接近し，もっぱら観察によって魚の分布状態をしらべた。

雨天における魚の状態は，0才魚では晴天時または曇天時におけるように，底生生活を営む個体はなく，いずれも活発に池の側壁にそって下層から上層にわたる間を遊泳し，そのために側壁にそった池底部は，約5 cm の範囲にわたって泥土が他の場所へ逸散し，その下部にあるコンクリート底が露出していた。しかし高年魚（2才魚）では一般に不活発で，遊泳している個体よりも池底に静止している個体の方が多数であった。これらの魚の遊泳方向は8面の池のうち，7面においては左廻り，残りの1面では右廻りで，これらの魚の通路に対して直角に板をおいたところ，遊泳方向に混乱が現われたが，その板を取払った後，しばらく静観していると，また元の状態に帰った。このような時計の針の回転方向とは反対の方向に運動する性質はドジョウの大多数の精子にもみられた（久保田，1961 b）。

Ⅱ．冬季における分布

調査結果は第19図に示す通りである。この図によると，ドジョウは魚溜りに密集し，同区域における魚の生息尾数の総数に対する割合は，1号池では66.6％，2号池では65.2％，3号池では75.0％である。また池を魚溜りに近い区域と遠い区域，すなわち泥土の層が厚い区域と薄い区域とに2等分し，それぞれの尾数を比較すると1号池では44尾に対して1尾，2号池では18尾に対して4尾，そして3号池では8尾に対し

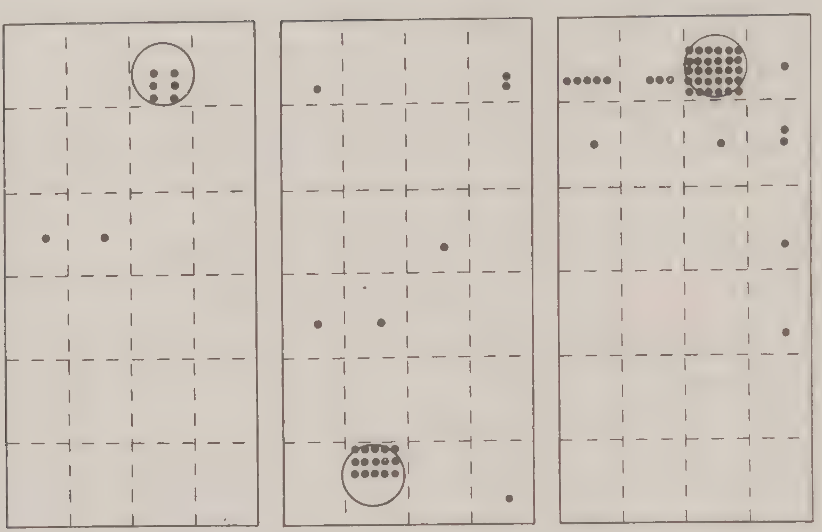

Fig. 19. Extremely crowded cluster formation in or around the pit of the rocky bottom of the experimental pond observed in winter, despite of the fact that the interface between water and mud is leveled.

て0尾で，魚の生息尾数は，前者の区域における方が後者におけるよりも多い。この結果は，上述した河川における実験結果（A.河川における分布．ホ）泥土の層の厚さと魚の生息密度との関係）と全く一致する。

C. 一毛作田における分布

第1実験と第3実験とは，別々の水田を使用して出水前における，また第2実験は第1実験の場合と同一の水田を使用して出水時における魚の分布状態をしらべた。

第1実験：供試水田は，その南と東側は雑木の生えた，低くて奥行の浅い山地が迫り，またその北と西側は平坦で一毛作の水田が続いている。水の流入口はA I およびD I に各1カ所あり（それぞれ W_1, W_2 とする），前者の水は，水田地帯を通過してきた結果，水温が21.0°Cで暖かく，一方後者の水は山地の湧水および落葉の下を通りぬけてきた水などを集水したもので冷たく，14.9°Cである。流入量は1分間に前者では約2 ℓ，後者では約5 ℓである。水田の水温は，W_2 に接する区域では20°C以下で低く，その他の区域では20.6～22.5°C，とりわけ排水口のあるB Vに接する区域では暖かい（第20図） 水深は各区域とも5～10 cmであるが，D I およびD IIの区域では砂泥が堆積して洲を形成し，したがって筌を設置することは不可能であった。泥の層は非常に厚く，竹棒を差し込んだところ，各区域とも2 m以上に達した。水は清澄で，稲の切株および各区域にほぼ一様に繁茂したフサモの間からは，生息している生物の様子が明瞭に観察された。

水田に生息している生物の種類は，魚類ではドジョウ以外にフナ，ドンコ，メダカ，両棲類ではツチガエルとイモリ，爬虫類ではイシガメ，その他トンボの幼虫やヒルなどである。

実験結果は第20図に示した。捕獲尾数は雌29尾，雄31尾，性別不明19尾，総尾数79尾である。

水田を東西に5等分した各区域（第I区……第V区）別の捕獲尾数は、第I区が25尾、第II区が20尾、第III区が25尾、第IV区が9尾そして第V区が0尾であって、第I区から第III区までは多く、第IVおよび第V区では少ない。つまり魚の捕獲尾数は，注水口の近くでは多く，排水口の近くでは逆に少ない。水田の中央部

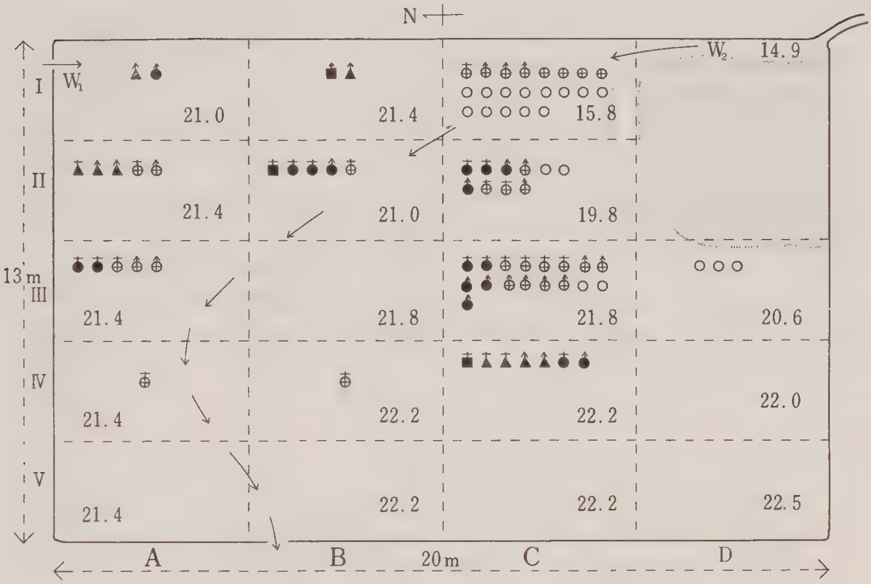

Fig. 20. Distribution of the individuals of each size group in a paddy field observed before a flood.
Notes : The size of the individual is distinguished by the marks, ○, ⊕, ●, ▲ and ■, *i.e.*, the open circle indicates the individual shorter than 49 mm in body length, the circle with plus does that neither shorter than 50 mm nor longer than 69 mm in body length, the individual neither shorter than 70 mm nor longer than 89 mm in body length is represented by solid circle, that 90～109 mm is by solid triangle, while the individual belonging to the size group longer than 110 mm in body length is symbolized by solid square. The male individual is represented by the small arrow attaching to the upside of the mark as defined above, the mark carrying small plus on it indicates the female, while such small individual as unable to ascertain the sex is attached by none of such an appendage.

と縁辺部における捕獲尾数を比較すると，後者の方が前者よりも概して多い。

各区画における捕獲魚を体長が 50 mm 以下，50～69 mm，70～89 mm，90～109 mm および 110 mm 以上の5階級にわけて第20図に示した。この図から，体長が 70 mm 以上の大型魚（成魚）と，それ以下の小型魚（未成魚）とに大別して，魚の大きさと捕獲場所との関係をみると，前者の捕獲場所は，AⅠ，AⅡ，AⅢ，BⅠ，BⅡ，CⅡ，CⅢおよびCⅣの各区画で，主に W₁ からの流入水の影響を受けるか，または全く流入水の影響を受けない区域である。次に後者の捕獲場所はAⅡ，AⅢ，AⅣ，BⅡ，BⅣ，CⅠ，CⅡ，CⅢおよびDⅢの各区画で，主に W₂ からの流入水の影響を受ける区域である。すなわち小型魚の総尾数は50尾，そのうちCⅠ，CⅡ，CⅢおよびDⅠの4区画だけで捕獲された魚は42尾で，全体の84％を占める。とくに水の流入場所であるCⅠの捕獲魚は，49 mm 以下が14尾，50～69 mm が7尾で，その全部が小型魚に属する。さらに大型魚だけが獲れた区画はAⅠ，BⅡおよびCⅣの3区画，また小型魚のみが獲れた場所はAⅣ，BⅣ，CⅠおよびDⅢの4区画，そして小型魚と大型魚とが混獲された場所はAⅡ，AⅢ，BⅡ，CⅡおよびCⅢの5区画である。このように出水前の水田におけるドジョウは，大局的にみると大型魚と小

型魚とが異なった場所に生息しているが，局地的にみると，両者が混在している場合もあって，これらの生息場間の境界は明確でない。

第2実験：供試水田は第1実験の場合と同一である。実験日の天候は前述したように豪雨で，そのために水の流入量は出水前に比べて著しく増加した。すなわち第1実験における流入場所は，W_1とW_2の2カ所に過ぎなかったが，本実験では隣接する水田に他の区域から水が氾濫したため，その濁水が W_1 からだけではなくて，北側の土手の全域から激しい勢いで供試水田に流入し，また南側からは W_2 の他にDⅢの区域へ山間水が小滝となって落下した（この流入場所を W_3 とする）。北側からの流入水量は南側よりも著しく大で，その影響範囲は水田の約70%におよんだ。排水口は第1実験ではBⅤの区域の西部に1カ所だけあったが，本実験では，西側の土手の全域から水が溢れ出た。水深は 40〜50 cm で，第1実験では洲を形成していたDⅠ，DⅡの区画にも筌を設置することができた。水温は，北方からの流入水が 16.2°C，W_2は 13.8°C，W_3 は 15.6°C また水田の大部分は約 16°C を示し，本実験における水温は前実験のそれに比べて，注入水では1〜5°C，水田では1〜6°C低い。実験結果は第21図に示した通りである。捕獲魚の尾数は，雌18尾，雄16尾，性別不明9尾，合計43尾である。

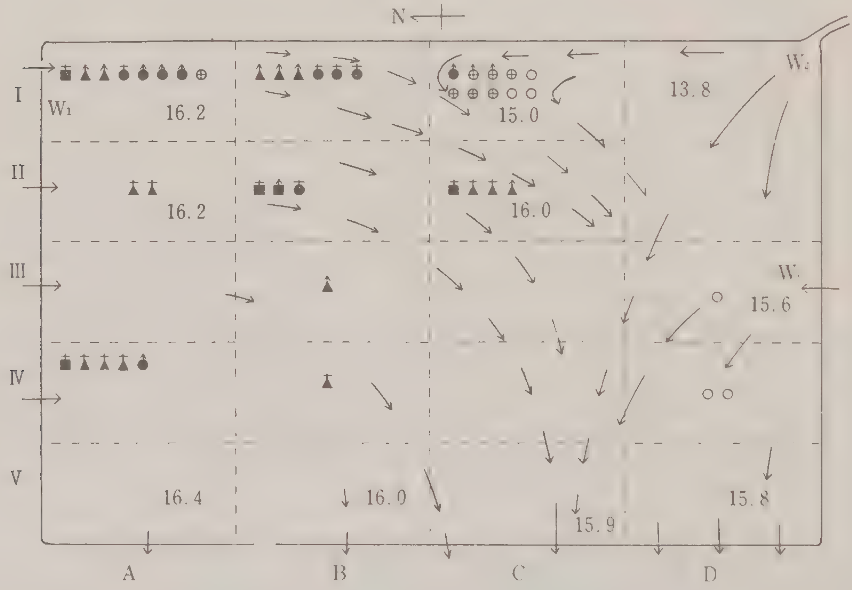

Fig. 21. Distribution of the loaches representing each size group in the paddy field observed during a flood.
Note : Arrows indicates the direction of the current. Marks are the same as those of Fig. 20.

魚は主にA，DおよびⅠに属する区画，言いかえると水田の周辺部にあって，しかも流入水の影響を直接受ける場所で採捕され，同じく周辺部でも流入水の影響を直接受けない排水口域に接した場所では，採捕されなかった。

魚体の大きさとその捕獲場所との関係をみると，体長が 70 mm 以上の大型魚はAⅠ，AⅡ，AⅣ，BⅠ，BⅡ，BⅢ，BⅣ，CⅠおよびCⅡの各区画，すなわち北方からの暖かい流入水の影響を受ける場所でのみ採捕され，CⅠにおける1尾を除くと，その他の区域では全く採捕されなかった。また体長が 70 mm 以下の

小型魚はCⅠ，DⅢ，DⅣおよびAⅠの各区画，すなわち主に南方の上地からの冷たい流入水に影響される場所で採捕された。なお北方からの流入水の影響を受けるAⅠの区域で，体長が 66 mm の個体を1尾採捕したが，これは例外といえよう。これらの結果から，出水時の水田におけるドジョウは，大型魚と小型魚とが，出水前よりも明確に住みわけを行なっていることが推察される。

次に第1と第2実験とは，ともに同一水田を使用して実験を行なったから，両者を合わせて，性比および体長組成をしらべた。すなわち採捕尾数は雌47尾，雄47尾，性別不明28尾，総計122尾で，各々の総数に対する割合は，それぞれ 38.5％，38.5％，および 23.0％で，雌雄の割合は同一である。

捕獲魚の体長組成は第22図に示した通りである。この図でみると雌は雄よりも大型魚が多く，体長が

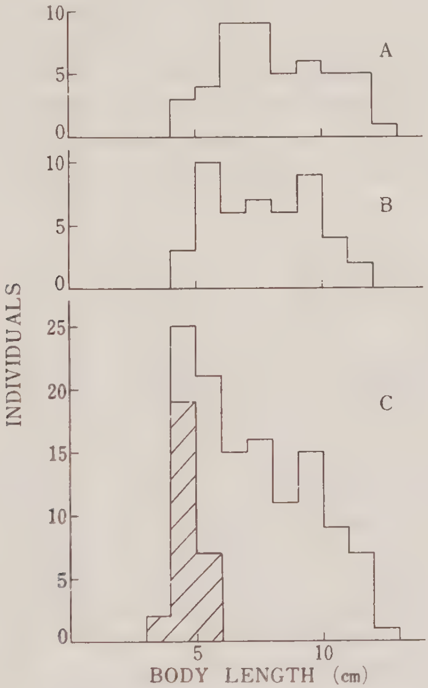

Fig. 22. Frequency distribution of body length of loach trapped in a paddy field.
Note : A, female ; B, male ; C, total.

100 mm 以上の個体は雄6尾に対して雌11尾である。雌雄および性別不明魚を合わせたところの体長組成は，体長が 40～49 mm に重心がみられ，それ以下の体長では急激に，またそれ以上の大きさでは緩やかに度数が減少している。平均値は雌では 81.59±7.08 mm，雄では 76.91±1.94 mm で前者の方が後者よりも大きく，性別不明の魚をも含めた全捕獲魚では 71.80±1.39 mm である。

第3実験：第1および第2実験の結果から，ドジョウの水田における生息場所は，大型魚と小型魚とで相違することが判明した。これらの実験はドジョウの生活適温（20～30°C）外の温度で，しかも水田の部分によってかなりの温度差がある環境下で行なったから，魚の住みわけを生ぜしめた真因子としては当然温度が考えられる。そこで本実験では，ドジョウの大型魚と小型魚の生息場の相違が温度に起因し，大型魚は高温域に，また小型魚は低温域にそれぞれ分布すると仮定し，水田の温度がドジョウの適温範囲内にあって，しかも各区域の温度がほぼ等しい場所を選んで実施した。したがって，もしも上記の仮説が正しいならば，

本実験では，大型魚と小型魚との生息場の相違は生じないはずである。供試水田の形状および捕獲実験の結果は第23図に示した。

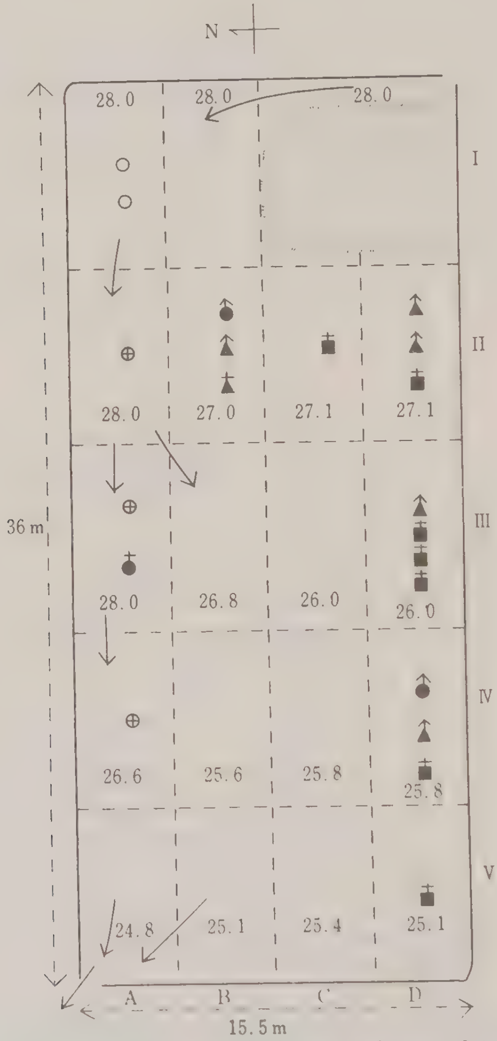

Fig. 23. Difference in the habitat preference of loach observed between the individuals of the different size groups.
Marks are the same as those of Fig. 20.

供試水田は東西に長く，その四方は，それぞれ他の一毛作田に接している。注水口は1カ所で，ＤＩの南東部に位置し，流入水はＣＩ，ＢＩおよびＡＩへと北上し，そこから西方に向きを変える。ＣＩとＤＩの2区画は，泥土が堆積し，水路以外の区域には水がない。したがって筌を設置した区画は，これらの2区画を除いた18区画である。水温は注水口附近およびＡＩ，ＡⅡ，ＡⅢの各区画では 28.0°C で最も高く，排水口のあるＡⅤでは 24.8°C で最も低い。泥土の層の厚さは，上述の実験に供試した水田におけると同じく，各

区画とも２ｍ以上に達し，水深はＡⅠ，ＡⅡ，ＡⅢ，ＢⅡ，ＣⅡ，ＣⅤ，ＤⅡ，ＤⅢ，ＤⅣおよびＤⅤ，すなわち排水口附近の区画を除いた周辺の区画では 10 cm 以下で浅く，排水口に接するＡⅤ，ＢⅣおよびＢⅤの区画では 20〜50 cm で深い。水は清澄で，深所を除いた各地区には，フサモがまばらに生えている。ドジョウ以外の生息生物の種類はフナ，メダカおよびドンコの３種で，このうちフナが最も多く，水田の中央または排水口の近くの深所に生息していた。捕獲した魚の尾数は，雌11尾，雄８尾，性別不明２尾，合計21尾である。

魚の捕獲場所はＡⅠ，ＡⅡ，ＡⅢ，ＡⅣ，ＢⅡ，ＣⅡ，ＤⅢ，ＤⅣおよびＤⅤの各区画，つまり水田の周辺部のうち，排水口附近を除く各区画である。この傾向は，第１および第２実験の結果と全く一致する。

魚の捕獲された区画の水深はいずれも 10 cm 以下で浅く，それより深い場所では魚は全く採捕されなかった。魚体の大きさとその捕獲場所との関係をみると，体長が 69 mm 以下の小型魚は，ＡⅠ，ＡⅡ，ＡⅢおよびＡⅣの各区画，すなわち流入水の影響を受ける場所で，また体長が 70 mm 以上の大型魚はＡⅢ，ＢⅡ，ＣⅡ，ＤⅡ，ＤⅢ，ＤⅣおよびＤⅤの各区画，つまり流入水の影響が少ないか，または全くない場所で，それぞれ採捕された。なお流入水の影響を受けるＣⅢの区画で，体長 85 mm の大型魚が獲れたが，これは例外といえよう。このようにドジョウは，その生息適温下で，しかも区域的に温度差の少ない水田においても，その生息場所は大型魚と小型魚とで相違する。したがって大型魚と小型魚との住みわけの真因子が温度であるという仮説は棄てられる。

考　　察

犬飼（1938）はドジョウ網を使用して，札幌附近の河川における淡水魚の移動について実験を行ない，次のような結果を得た。すなわち月別の採捕尾数は，４月25日１尾，５月15日０尾，６月13日11尾，７月６日０尾，10月８日３尾，11月４日11尾，11月12日１尾で，６月，10月および11月初旬が，他の月に比べて多い。これは移動中の魚が採捕されたものと考えられ，その時期は本実験の河川における季節的分布の実験結果とほぼ一致している。このような移動現象は，青柳（1957）によるとドジョウ属のうち，ホトケドジョウ *Lefua echigonia*，シマドジョウ *Cobitis biwae* およびタイリクシマドジョウ *Cobitis taenia* においてもみられ，ホトケドジョウでは冬季は小川の深所に，またシマドジョウおよびタイリクシマドジョウでは春とともに産卵期に入るに先立ち，雌雄は群をなして冬の生息地である大川から附近の小川へ，それぞれ移動するという。

ドジョウは雨天の際には，その他の天候時に比べて動作が著しく活発となり，小さい落差のある流れをとび越えて泝上する性質があり，このような現象は養魚池（Ｂ.養魚池における分布），河川および水田などで，しばしば観察される。この事実から６月から７月にかけて行なわれる移動の動機となる主な要因は，梅雨による出水と考えられる。

この移動の目的は，その時期が本魚の当地方における産卵期またはその直前の時期にあたることから，産卵を目的として行なわれるものと思われる。ところで，第３表に示した月別の捕獲尾数が５月では22尾，６月では26尾，７月では７尾，８月では29尾，９月では20.5尾で，７月初旬の尾数は他の月のそれよりも著しく少ない。この原因は，魚が筌を設置した各定点を流れる川から，産卵のためにさらに網目状に出ている小さい溝へ移動したためと思われる。

また，秋季に川上から川下へ向かって移動する動機は，水田の落水による溝渠の減水に起因し，またその移動目的は，川上よりも水量が多く，泥土の層が厚い川下へ，冬季の安全な潜伏場所を求めて行なわれるものと考えられる。

永田川の生物相についての実験は，ドジョウが季節的移動を行なうと思われる時期に実施したので，その

捕獲場所の範囲は，ドジョウの常時生息場所の区域を意味するものではなくて，夏季の生息区域から冬季の生息区域への移動の範囲を示している。このような見地から，本実験結果を検討すると，ドジョウが第Ⅱ区よりも上流域で採捕されなかったことは，これらの地域に生息しないか，または，生息していてもその数量がきわめてわずかであることを示すものであろう。したがってドジョウの季節的移動は，主に平地の範囲内で行なわれ，山間部と平地間に起こる移動は稀な現象と思われる。この原因は，山間部は平地と比較して夏季における水温が低く，流速が早く，流域に水田および泥土の底質を有する溝渠が少なく，天然餌料の発生が少量といった本魚の生息に不利な環境条件を多く備えているためであろう。

冬季の河川におけるドジョウの分布は，川の底部の性状と密接な関係があり，凹部で，しかも泥土の層が厚い区域ほど高密度である。この原因は，泥土へ潜入する機会の多少と自己保存の2つに大別されよう。まず前者について述べると，大多数の河川では常時水の流れている場所，いわゆる水路は，川面の1部分であり，川の底部のうち，高所を含めた場所にまで水が達するのは，出水時に限られる。ところでドジョウが川下へ向って移動する時期は雨量の少ない秋であって，水は水路のみを流れている場合が多く，したがって魚はこの区域に潜入する機会に恵まれていることになる。そしてドジョウの潜入形跡を示す泥土上の開孔部と泥中におけるその潜伏場所との間の水平距離は，一般にごくわずかであることから，潜入する機会の多い凹所が，その機会の少ない高所よりも魚の生息密度が高いものと思われる。次に後者は無機環境と生物環境に対する個体維持にわけられる。そのうちの前者に属する主な要因は，乾燥であろう。すなわち冬季におけるドジョウは，河川における分布実験で示したように，泥土中に湿気がある限り如何に水がなくても生存を続けることができる。というのは ERMANN (1808)，LORENT (1878)，美濃部 (1924)，BUSNIZA (1931)，末広 (1933) らが報告したように，ドジョウは鰓呼吸だけではなくて，腸呼吸，つまり口から空気を吸入し，毛細管のよく分布している中腸以下の消化管壁でガス交換を行なうことができるからである。それ故，呼吸に対して必要な水の量は，他の魚類にみられるほど多量ではなく，場合によっては短期間であれば，水がなくても耐え得る。しかし，ドジョウにとっては水分は是非とも必要である。すなわち周囲に湿気がある場合はある程度生存を続け得るが，周囲が乾燥し，皮膚が乾くと短時間で死ぬ。冬季河川におけるドジョウの斃死は，魚が秋季に何らかの形で移動を阻止され，硬い底質環境下に残され，さらに水の枯れた場合に多く生ずる。つまり魚は十分に潜入することができないで乾燥し，いわゆる日干の状態となる。したがって凹所または泥土の層の厚い環境は，その反対の環境よりも湿気が多く，ドジョウの個体維持に有利であろうと想像される。さて次の生物環境要因としてはゴイサギ，シラサギ，ネコ，イタチおよびテンなどの外敵があげられ，これらのうちゴイサギの害は大きい。とくに水の枯れた場所では，この鳥の足跡および糞が多数見受けられる。これらの外敵に対して，泥の層が厚い場所では，十分に体をかくすことが可能であって，やはり個体維持に適合した環境といえよう。冬季，乾燥地域において，多数のドジョウが塊状をなしている場合が見受けられたが，これは上述した体の乾燥を集団で防止する，いいかえると無機環境に対する一種の適応と思われる。

夏季における養魚池の分布についての実験で，晴天時には餌場よりも日陰の場所にドジョウが密集する結果を得た。この事実は本魚の飼育池の設計，投餌および採捕上重要なことで，ウナギにおけると同様に池の1部に日陰の場所を作り，そこを餌場とすれば，魚の摂餌は常時行なわれ，生産を高めるとともに，それらの捕獲にも便利であろう。

水田におけるドジョウの分布についての実験結果から，その生息場は体長が 70 mm 以上の大型魚とそれ以下の小型魚とで相違すること，さらに第3実験の結果からこのような相違をもたらす真因子が温度ではないことを，それぞれ知り得た。ところでこの原因は，次の理由からなわばりや水流によるのではなくて，大型魚と小型魚間にみられる食性の相違と考える。すなわちなわばりを否定する理由は，ドジョウは友喰や摂餌上の競合を行なわず魚体の大きさの変異度が生産量に影響を及ぼさないからである（久保田ら，1957）。次に水流と考えられない理由は，第1および第3実験では小型魚は大型魚よりも流れのある場所で採捕されたが，

第2実験ではその逆に大型魚の方が小型魚よりも流速が早く，しかも流量の多い場所で採捕されたからである。さて，ドジョウの食性は未成魚と成魚とでは相違し，その転換期は体長が約 70〜80 mm の大きさに達したころである（久保田，1961 a）。すなわち未成魚では昆虫およびその幼虫，あるいは小型甲殻類を主体とした動物性餌料であり，成魚では藻類および硅藻を主体とし，それに若干の甲殻類を混じえた植物性と動物性の混合餌料である。ところで本実験結果について考えると，第1および第2実験では山間からの流入水を受け，また第3実験では灌漑用水の影響を直接受けたような場所では，小型魚の餌料となる小動物が，さらにこれらの流入水の影響を直接受けない場所では大型魚の餌料となる藻類および硅藻が存在していたために，こうした生息場の相違を生じたものと思われる。

水田におけるドジョウは，その周縁部でしかも注水口に近い場所に多く分布し，排水口の近くには分布しない。そこで本魚の飼育田の構造としては，注水口を数カ所設置し，肥料および農薬の散布を行なう場合には，適宜に注水場所を変えてドジョウの分布状態を変化させるならば，それによる被害を僅少に止めることができよう。

摘　　　要

河川および養魚池ならびに一毛作田におけるドジョウの生態的分布についてしらべた。その結果を要約すると次の通りである。

1. 永田川におけるドジョウは，中流域および下流域に分布し，とくに下流附近の底質が泥土である支流に多産する。

2. 永田川においてドジョウと同一場所に生息する魚種は，フナ，メダカ，ドンコおよびウキゴリの4種である。

3. ドジョウは梅雨期に川上へ，秋季に川下へ向かって，それぞれ移動する。これらの移動は，前者では産卵，後者では自己保存を目的とした冬眠のために行なわれ，またその動機は，前者では降雨に伴う出水，そして後者では水田の落水に伴う減水によるものと思われる。

4. ドジョウは冬季に泥中に潜伏する。その際1つの孔に1尾を原則とするが，乾燥地域では多数の魚が塊状をなしている場合がある。これは体の乾燥を防止するための一種の適応と思われる。

5. 冬眠中のドジョウの方向は，頭部が尾部よりも高い位置にある個体が最も多く，ついで両者が水平の高さにある個体，そして尾部が頭部よりも高い位置にある個体は稀である。

6. 冬季におけるドジョウの生息密度は，日当りと日陰の場所とで相違しない。

7. 冬季河川におけるドジョウの生息密度は，川の凹所，つまり水路の方が高所よりも大きい。

8. 冬季ドジョウの生息密度は，泥土の層の厚い区域の方がうすい区域よりも高率である。

9. 冬季ドジョウの泥中における潜伏深度は，魚が大きいほど深い。

10. 魚が冬眠を終って泥中から水中へ出現する時期は，深さ約 10 cm における泥の温度が約13°C 以上に達した時である。

11. 夏季のドジョウは，晴天時には日陰の場所に多く分布し，餌場と日陰とが相対する位置にある時には，魚は後者の区域に多く分布する。

12. ドジョウは曇天時には，餌場に多く分布する。

13. 飼育池におけるドジョウは，雨天には池壁にそって活発に遊泳し，その方向は時計の針と反対方向に廻る場合が多い。

14. 冬季飼育池におけるドジョウは，魚溜りおよびその附近に密集する。

15. 水田におけるドジョウは，水田の周縁部で，しかも注水口に近い場所に多く分布し，排水口の近くには分布しない。

16. 水田におけるドジョウは，体長が 70 mm 以上と以下の個体では，生息場が相違する。この主な原因は両者間の食性の相違によるものと思われる。

文　献

1) 阿部　圭，1935：鰌の養殖法．大日本水産会，東京．
2) 青柳兵司，1957：日本列島産淡水魚類総説．大修館，東京．
3) BERG, L., 1940 : Classification of fishes, both recent and fossil. *Trav. l'Inst. Zool. l'Acad. Sci. l'URSS*, **5** (2).
4) CHEN, T. F., 1951 : Check-list of the species of fishes known from Taiwan (Formosa). *Quarterly Jour. Taiwan Mus.*, **4** (3,4).
5) 江口弘・疋田豊彦，1952：灌漑溝の水質と魚態の綜合調査．水孵試報，**7** (1,2).
6) 藤田　正・久保田善二郎，1952：ドジョウの養殖．水産界，**809**.
7) GÜNTHER, A., 1868 : Catalogue of the fish in the British Museum. **7**. London.
8) 半田芳男・荒木勝二，1930：湖沼調査，第1編．大沼，小沼，蓴菜沼調査．北水試水産調査報告，**21**.
9) 原田五十吉，1943：海南島淡水魚類譜．海南海軍特務部政務局黎族及其環境調査報告，**2**.
10) 本城市次郎・浅野黎子，1948：ドジョウの光反応．生物，**3** (3,4).
11) 犬飼哲夫，1938：札幌附近の小河川における淡水魚の移動について．陸水学雑誌，**8** (3,4).
12) 蒲原稔治，1950：土佐及び紀州の魚類．高知県文教協会．
13) 可児藤吉，1952：木曽王滝川昆虫誌．木曽教育会．
14) 久保田善二郎・松井　魁・白羽根元二・吉武嘉甫，1957：ドジョウの増殖に関する研究－I．種苗の魚体の大きさが生産量に及ぼす影響．本報告，**7** (1).
15) ――――，1961 a：ドジョウの生態に関する研究－II．食性．本報告，**11** (1).
16) ――――，1961 b：ドジョウの増殖に関する研究－III．精子の保存について．本報告，11 (1).
17) 美濃部　熙，1924：ドジョウの腸呼吸との関係．動雑，**36** (430).
18) 宮地伝三郎，1940：満州産淡水魚類，関東州及満州国陸水生物調査書．
19) 森　為三・内田恵太郎，1934：補訂朝鮮魚類目録．
20) 丹羽　弥，1936：地理的分布より観たる木曽川水系の魚類．名古屋生物学会記録，**4** (1).
21) 岡田弥一郎・木場一夫，1928：奄美大島動物相の紹介．東京高等師範学校博物学会誌，**36**.
22) ――――・内田恵太郎・松原喜代松，1935：日本魚類図説．三省堂，東京．
23) ――――・木場一夫，1936 a：沖縄島及びその近接島嶼の脊椎動物目録．沖縄博物学会会報，**1** (1).
24) ――――・――――，1936 b：北海道陸水系瞥見．植及動，**4** (1,2).
25) ――――・中村守純，1950：日本の淡水魚類．日本出版社，大阪．
26) 大島正満，1940：魚．三省堂，東京．
27) 末広恭雄，1933：泥鰌の腸呼吸を簡単に証明する実験．動雑，**45** (542).
28) 田中小次郎，1947：鰌の魚体に及ぼす塩基性土壌の影響について．香川水試報．
29) 谷本保夫，1948：鰌の飼い方．泰文館，東京．
30) 内田恵太郎，1939：朝鮮魚類誌．第一冊，糸顎類，内顎類．朝鮮水試報，**6**.
31) 上野益三・宮地伝三郎，1935：上高地及び梓川水系の水棲動物．岩波書店，東京．
32) VLADYKOV, V. D., 1935 : Secondary sexual dimorphism in some Chinese Cobitid fishes *Jour. Morph.*, **57** (1).

ドジョウの生態に関する研究—Ⅱ.
食　　性※

久 保 田 善 二 郎

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)—Ⅱ. Food Habit※

By

Zenziro KUBOTA

There were many reports in which the histological problems on the alimentary canal, the food habits and the digesting speed were treated. But the author found out that the feeding hour and the amount of food taken by this fish differed with the seasons and that the shape of the alimentary canal and the food habits differed with the growth of the fish, moreover these two had a close relation with each other. And the results are shown in the below in detail.

1) The loach can sharply distinguish the kind of food through olfactory sense.

2) The optimum temperature to the living of the loach is estimated to be 20—30°C.

3) The loach takes the foods chiefly in the daytime in the spawning season, but principally at night in the other seasons.

4) One can catch larger individuals by traps during the spawning season or thereabout than those during the other seasons.

5) The individuals caught by the traps during the spawning season are older than those caught in the other seasons. It is deduced from the above-mentioned facts that the large individuals take their foods more actively during the spawning season than in the other seasons.

6) During the spawning season, the male takes more foods than the female, but *vice versa*.

7) The proportions of the width of duodenum or rectum to body length decrease with growth of the fish.

8) The sudden increase in the proportion of the length of alimentary canal to

※ 水産講習所研究業績　第334号, 1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 334.
Received June 26, 1961.

body length is observed at 80 mm in body length, *i.e.*, the proportion in the individuals shorter than 79 mm in body length is estimated to be 51.2—52.3%, but that in the individuals longer than 80 mm is 54.7—56.9%.

9) The adult loach is essentially herbivorous, although it is temporarily changed into carnivorous just after the spawning season.

10) The crucian carp is the unique species, so far as my investigations go, which lives together with loach and takes the common foods with it.

まえがき

ドジョウの食性について，従来行なわれて来た研究は，岡本（1917）がこの魚には胃がないとし，福田（1922, '23）は組織学的に胃が存在し，十二指腸から主に栄養をとることを発表した。阿部（1935）は，小甲殻類，小蠕虫類，小昆虫類，植物の芽，アオミドロおよび稗の実などを消化管内に認め，内田（1939）は口唇，口鬚および消化管の形状について，末広（1942）は，それらの形状とともに主要食物が泥とともに得られる昆虫の幼虫または甲殻類であることをそれぞれ報告した。田中（1948）は，蚕蛹は直接的には捕食されないが，間接的には微生物の増殖を招いて有効であること，また稚ドジョウの捕食状況は浮遊生物の発生量とその捕食量とは必ずしも一致しないとし，さらに同氏（1955）は本魚にマルタニシ生肉およびアカエビ生肉を与えた場合，胃が消化を終るまでに前者では約20時間，後者では約24時間，また不消化物を排泄するのに，前者では約20時間以下，後者では早い場合で約20時間を要することをそれぞれ報告した。口分田ら（1956）は，体長に対する腸の長さは51%，食性は泥中の有機物であることを報告した。

著者は本研究において，ドジョウの摂餌時刻およびその量が季節的に相違し，また成長に伴って消化管の形状および食性が変化し，この両者間には密接な関係があることなどを見出した。

本文に入るに先立ち，御校閲を賜わった京都大学教授松原喜代松博士ならびに終始御指導を仰いだ本所教授松井魁博士に感謝の意を表する。

実験の材料および方法

索餌習性についての実験は，本魚の索餌が視覚および触覚のほかに，嗅覚が重要な働きをしていると考えられたので，これを確めるために1956年5月と9月に，下関市吉見町永田の一小溜池で実施した。この池は縦が約10 m，巾が約5 m，形は楕円形，水深は10～20 cm，底部は泥土で，著者が実験に不必要となったドジョウを放養しておいたものである。

実験方法は，筌の中にA群は泥土，B群は泥土と生米糠との混合物，C群は泥土と煎米糠との混合物をそれぞれ練り固めて，直径が約3 cm の団子にしたものを入れ，またD群は何も入れないでそれらを同時に池底に設置し，それらによる捕獲尾数を比較した。なお筌の設置時間は，各実験とも1時間である。次に水温と摂餌との関係，月別・昼夜間別にみた魚の捕獲量から推する摂餌時刻の推定，および月別による捕獲魚の体長，体重組成ならびに性比などについては，前報（1961 a）の冬季を除いた季節における分布の実験，すなわち筌を使用しての捕獲実験の結果をさらに詳細に検討して求めた。

消化管の計測は，1951年および1952年に永田川で捕獲し10%ホルマリン溶液で固定した標本のうちから，体長が40～150 mm の個体を選んで実施した。測定形質は，胃，十二指腸および腸の長さ（それぞれl_1，l_2，l_3），旋回している十二指腸を引延した長さ（l'_2），十二指腸および腸の中間部における各巾（それぞれW_1，W_2）の6カ所である（第1図）。

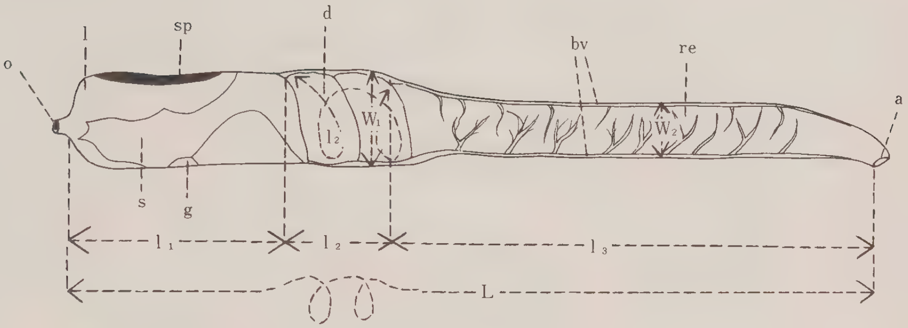

Fig. 1. Sketch of digestive organ of loach, showing the positions measured.

Notes : Positions measured

l_1, length of stomach ; l_2, length of duodenum ; l_3, length of rectum ; l'_2, stretched length of duodenum.

Organs

a, anus ; bv, blood vessel ; d, duodenum ; g, gall-bladder ; i, intestine ; l, liver ; o, oesophagus ; s, stomach ; sp, spleen.

測定方法は，メカニカルステージの副尺および両脚器を併用して 0.1 mm の単位まで読みとった。成長に伴う消化管の長さの変化については，各形質および消化管の全長（$L = l_1 + l'_2 + l_3$）の体長に対する割合を求め，その値と体長との関係をしらべた。

消化管内容物については1958年から1959年にかけて永田川で採集し，10％ホルマリン溶液で固定した体長が15〜131 mm の魚を使用した。調査方法は胃，十二指腸および腸から内容物を取り出し，検鏡により種類および量を決定した。なお量は内容物を 1 ccの水の中で攪拌し，それをスポイドにとり，スライドグラス上に 1 滴滴下し，カバーグラスを覆い，その全域を検鏡し，1 個体存在する時に rr，同様に 2 個体を r，3〜4 個体を c；5 個体以上を ccの 記号で表わした。

実 験 結 果

A. 索 餌 方 法

眼は十分に見え，人の接近を 10 m，時には 20 m 以上離れた距離から察知する。著者は人工孵化した仔魚の餌として，タマミジンコ *Moina macrocopa* またはゾウミジンコ *Bosmina longirostris* を他の池で大量に発生させ，ネットで濃収したものを与えてきたが，その際，仔魚は活発に中層または底層を遊泳し，コイの仔魚におけると同様に被食者を的確に捕食する。体長が 100 mm 以上の成魚を飢餓の状態においた後，スポイドで *Moina macrocopa* を数匹与えると，魚はそれを追いかけて，きわめて短時間内に食い尽す。

野外におけるドジョウの索餌状態を観察すると，吻部または頭部を泥土中に突込み，泥土とともに餌料を吸入し，鰓孔から体の後方へ泥煙りを噴出する。飢餓の状態の飼育魚の前方に手を差入れると，それを餌と間違えて強く吸いつくが，その吸引力はかなり強い。このような泥土中での索餌は視覚によらないで，主に口鬚の触覚によるものと思われる。

さて，索餌が視覚や触覚を離れて，嗅覚だけで行なわれるかどうかを知るために次の実験を行なった。

第 1 実験は1956年 5 月16日に実施した。天候は晴，水温は 17.1°C である。筌の設置数はA群とC群がと

もに5個，合計10個である。捕獲尾数はA群では14尾，C群では46尾，筌1個当りの平均捕獲尾数は，前者では2.8尾，後者では7.2尾で，後者の方が前者よりも著しく多い（第1表）。

Table 1. Preference to food in loach, estimated from the number of individuals captured by traps in which various kind of foods are set.

Exp. No.	Kind of food	Number of individuals captured by each trap					Total	Captured individuals per trap
1	A	0	1	12	0	1	14	2.8
	C	20	10	7	6	3	46	9.2
2	A	3	1	0	0		4	1.0
	B	9	4	4	2		19	4.8
	C	12	10	5	5		32	8.0
3	A	5	1	0	0		6	1.5
	C	7	5	5	3		20	5.0
	D	3	1	0	0		4	1.0
4	A	3	2	2	3		10	2.5
	C	14	21	5	5		45	11.3
	D	5	5	0	0		10	2.5

Abbreviations : A, mud ; B, mud with a mixture of raw rice-bran ; C, mud with a mixture of parched rice-bran ; D, none.

この第1実験の結果をさらに確かめるために第2実験を1956年6月22日に実施した。天候は晴，水温は24.2°C である。筌の設置数はA群，B群およびC群が各4個，合計12個である。捕獲尾数はA群が4尾，B群が19尾，C群が32尾，また，筌1個当りの平均捕獲尾数は，C群が8.0尾で最も多く，ついでB群が4.8尾，そしてA群が1.0尾で最も少ない（第1表）。

第1表および第2実験の結果でA群，すなわち泥の団子を入れた筌においても，魚が捕獲されたが，これについては，魚が1）泥土を餌料と見誤って筌の中へ入る。2）泥土のあるなしにかかわらず，このような筒の中に入る習性をもつ。この2つの事柄が考えられる。そこで，これらのうち，いずれが正しいかを知る目的で第3および第4実験を1956年9月23日と9月26日に実施した。天候は前者では雨，後者では晴，水温はそれぞれ 23.2°C と 23.4°C である。筌の設置数は両実験ともA・C・D の各群がいずれも4個あて，合計12個である。

第3実験における捕獲尾数は，A群が6尾，C群が20尾，D群が4尾，また，筌1個当りの平均捕獲尾数は，C群が5.0尾で最も多く，A群とD群とはそれぞれ1.5尾と1.0尾で，ほぼ等しい。次に第4実験における捕獲尾数は，A群とD群がともに10尾，C群が45尾，そして筌1個当りの平均捕獲尾数はC群が11.3尾，A群およびD群はともに2.5尾で，C群が他の群よりも著しく多く，残りの2群は同一値を示す。つまり捕獲尾数は両実験とも，C群がA群およびD群よりも著しく多く，A群とD群とでは差異が認められない。したがってドジョウは餌がなくても，このような籠に入る性質を持っており，A群における捕獲魚が泥土を餌料と見誤って筌に入ったとは考えられない

筌を設置後の状態をみると，約10分すると，魚は生米糠または煎米糠を泥土に混ぜた団子の入っている筌の周囲に現われ，泳ぎまわって入口を求める。そのうち1尾が筌の中に入ると，他のものがそれに続き，中の団子が粉砕されて，その周囲は泥煙りで濁ってしまう。1個の筌に最も多い時は21尾も入ったが，このような場合には容器は魚で満され，魚は窒息死寸前の状態にあった。

B. 水温と摂餌との関係

永田川における月別1日当りのドジョウの採捕尾数とそれらの場所の水温との関係を第2図に示した。すなわち，魚が捕獲された期間は3月初旬から12月初旬にわたっている。そのうち3月では捕獲尾数は1尾に

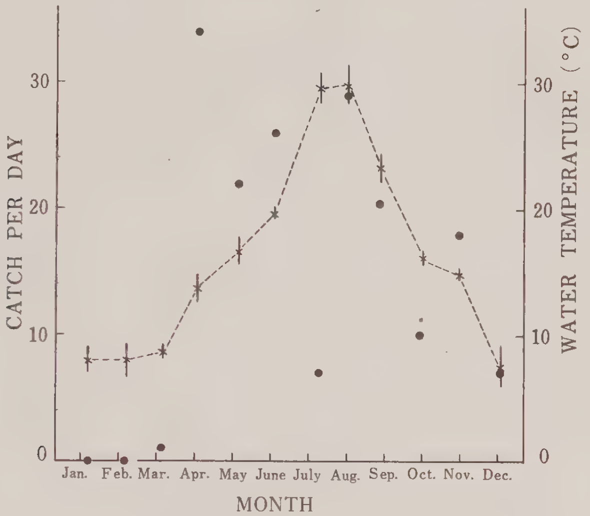

Fig. 2. Monthly variation of water temperature and catch per day observed from the River Nagata.
Note : ×, average water temperature ; ●, catch per day.

限られ，また12月では魚を解剖した結果，すべて消化管内には内容物が存在しなかったことから，事実上の摂餌期間は，4月初旬から11月初旬までの7カ月間である。

水温は4月では12.6〜14.8°C，11月では14.4〜15.4°Cで，両月のそれはほぼ一致している。捕獲尾数の最も多かった月は4月で，水温が低いにもかかわらず多数捕獲された原因は，冬季間の絶食による体の消耗の回復および生殖腺の成熟に必要なエネルギー源の補給に，多量の栄養が要求されるためであろう。そして天然魚の消化管内容物の量および飼育池における魚の摂餌量は年間を通じて産卵期と春季が最も多い。7月の捕獲尾数はきわめて少ないが，その原因は前報告（生態的分布）で述べたように，魚が産卵を行なうために，筌を設置した川よりさらに小さい溝または水田へ移動したためと思われる。そこで4月と7月を除いた各月における水温と捕獲尾数との関係をみると，その尾数は水温が約20〜30°Cの範囲において多く，それ以下の温度では少ない。以上の点からしてドジョウの生活適温は約20〜30°Cと思われる。

C. 月別，昼夜間別捕獲尾数による魚の摂餌時刻の推定

月別・昼夜間別に永田川における筌によるドジョウの採捕尾数および昼間の捕獲尾数の総数に対する割合を求めた（第2表，第3図）。3月の捕獲尾数は1尾に過ぎないからこれを除いて各月の割合を比較すると，春季では50％以下で小さいが6月には88.5％を占め，きわめて大きく，それ以後次第に減少し，10月では皆無となり，さらにそれ以後では若干増加する。

さて，このような現象を生ずる原因として，1）割合の最大値を示す時期が本魚の産卵期と一致すること

Table 2. Monthly variation of the proportion of the individuals caught in the daytime to total catch per day.

Month	Number of days examined	Number of captured individuals			Proportion of catch in the daytime
		Daytime	Night	Total	
Jan.	1	0	0	0	—
Feb.	1	0	0	0	—
Mar.	1	1	0	1	100.0
Apr.	1	17	17	34	50.0
May	1	5	17	22	22.7
June	1	23	3	26	88.5
July	1	5	2	7	71.4
Aug.	2	24	30	54	48.3
Sept.	2	18	23	41	43.9
Oct.	1	0	10	10	0
Nov.	1	1	17	18	5.6
Dec.	1	1	6	7	14.3

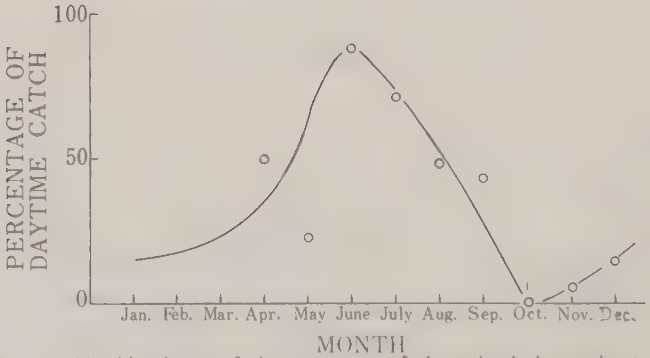

Fig. 3. Monthly change of the proportion of the individuals caught in the daytime to total catch per day.

から，生殖腺の成熟に起因する。2）捕獲魚の魚体組成（第5・第6図）および年令組成（第7図）をみると，産卵期を中心とした夏季には魚体が大きく，高年令であるが，春季および秋季には小さく，若年魚であることから，摂餌時刻は年令によって相違し，高年魚は昼間，若年魚は夜間に餌を食べるということが考えられる。そこで捕獲魚を体長が 80 mm 以上の成魚と 69 mm 以下の未成魚とにわけて月別・昼夜間別に捕獲尾数および昼間の捕獲尾数の総数に対する割合を求めた（第3表，第4図）。その結果，成魚ではさきの場合と同じく，産卵期には高率，その時期より遠ざかるほど低率を示し，一方未成魚では6月および7月において捕獲されなかったために，明確な傾向はつかまれない。このことから前述の原因のうちの後者に起因しないことは明らかである。

Table 3. Monthly and daily rhythmic variation of catch of the individuals longer than 80 mm in body length and that of the individuals shorter than 69 mm in body length captured by traps in the River Nagata, Yamaguchi Pref.

Month	Number of trapped individuals							
	Body longer than 80mm				Body shorter than 69mm			
	Daytime (d)	Night	Total (T)	100d/T	Daytime (d)	Night	Total (T)	100d/T
Jan.	0	0	0	—	0	0	0	—
Feb.	0	0	0	—	0	0	0	—
Mar.	0	0	0	—	1	0	1	100.0
Apr.	5	3	8	62.5	4	7	11	36.4
May	3	11	14	21.4	0	4	4	0
June	21	3	24	87.5	0	0	0	—
July	6	1	7	85.7	0	0	0	—
Aug.	19	30	49	38.7	5	0	5	100.0
Sept.	9	14	23	39.1	6	3	9	66.6
Oct.	0	7	7	0	0	2	2	0
Nov.	0	4	4	0	1	5	6	16.6
Dec.	0	2	2	0	1	1	2	50.0

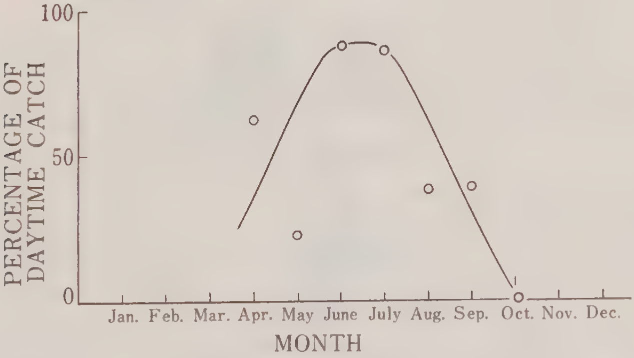

Fig. 4. Monthly change of the proportion of the individuals caught at the daytime to the total catch per day in the individuals longer than 80 mm in body length.

D. 月別捕獲魚の体長，体重および年令組成

月別の捕獲魚の体長組成を第5図に示した。すなわち4月では体長が70〜79 mm に峯がみられ，小型魚だけから成立っているが，5月になると120〜139 mm の大型魚が混じり，さらに6月および7月では120〜169 mm の大型魚が多数含まれ，100 mm 以下の個体は少ない。8月になると100〜109 mm に峯がみられ，69 mm 以下の小型魚が少数加わる。8月下旬では60〜69 mm と100〜109 mm の2つの体長範囲に峯が生じ，9月下旬では個体数は少ないが，この2つの山が若干移動した形として認められる。ところが10月

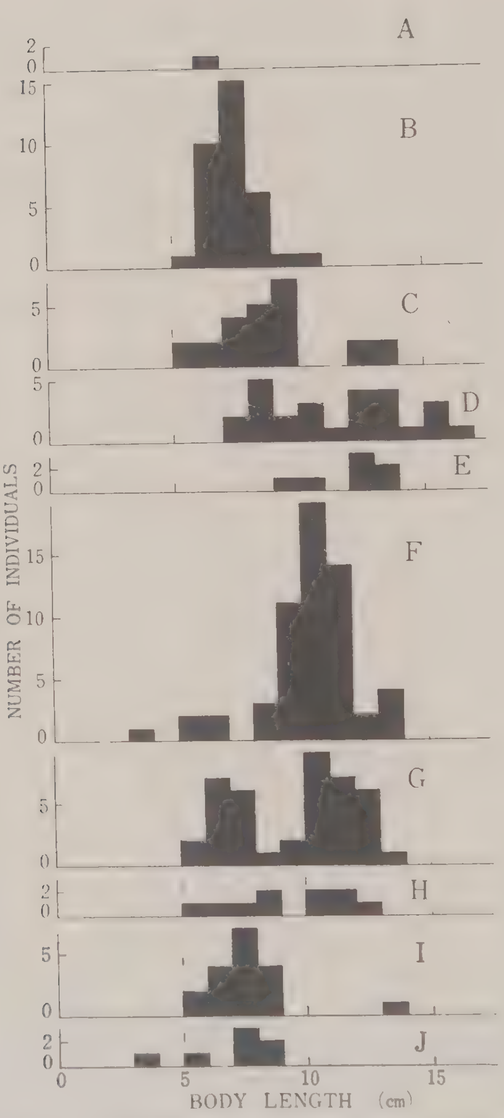

Fig. 5. Composition of body length of loach caught in respective months.
Note : A, Mar. 4-5 ; B, Apr. 3-4 ; C, May 4-5 ; D, June 3-4 ; E, July 8-9 ; F, July 30-Aug. 2 ; G, Aug. 27-29 ; H, Sept. 30-31 ; I, Oct. 29-30 : J, Dec. 1-2.

下旬になると 130〜139 mm の個体を除いては，全部 90 mm 以下で 80〜89 mm に重心がみられ，さらに12月になると 90 mm 以下の小型魚ばかりとなる。

次に月別に捕獲魚の体重組成を示すと第6図となる．この図によると体重組成は、体長の場合と同様な傾向を示し，3月と4月では体重が 10 g 以下の小型魚のみからなり，そのうち4月の重心は 1〜3 g にみら

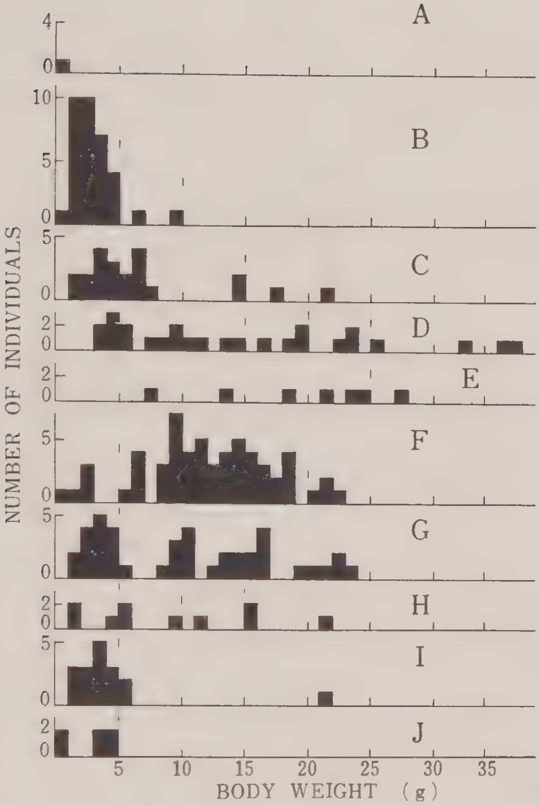

Fig. 6. Composition of body weight of fishes caught in respective months.
Notes are the same as those of Fig. 5.

れ，5月になると14～21 g の比較的大型の魚が加わり，6月および7月では，さらに大きい25～37 g の魚がみられ，6月の体重範囲は3～37 g で，各月を通じて最も広い。8月になると25 g 以上の個体は出現せず，9～15 g あたりに峯があり，8月および9月の各下旬ならびに10月下旬は1～25 g の個体が不連続的な山を形成し，10月下旬および12月では5 g 以下の小型魚が大半を占める。

次に捕獲魚の年令査定を鱗で行ない，月別捕獲尾数に対する各年令魚の尾数の割合を示したのが第7図である。すなわち各年令群の総数に対する割合は，2才またはそれ以上の高年令魚は7月初旬に全体の86％を占めて最大値を，またこの月から遠ざかるほど小さい値をそれぞれ示す。1才魚は前者と同様な傾向を示すが，0才魚では産卵期を除く時期，とくに低水温である3・4月および11・12月において高率である。

E．月別捕獲魚の性比

月別捕獲尾数のうち，雌の占める割合を第8図に示した。それによると，割合は時期的に変化し，4月では44％で小さいが，それ以後次第に増加し，7月初旬には最大値86％を示す。さらにそれ以後は再び減少し，12月では28％となる。そして50%以上を示す月は，5・6・7・8・9・11の各月，また50％以下の月は4月，10月および12月である。ところで冬季にしらべた永田川におけるドジョウの性比は，雌50.95％に対して雄49.05％（久保田，1961 c）で，もしも雌雄の餌料要求量または摂餌量が等しいと仮定するな

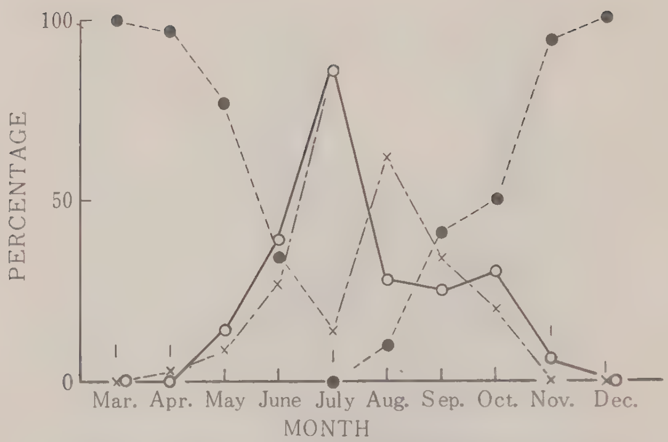

Fig. 7. Monthly variation of proportion of each age group to total catch. Note : ●, 0 age group ; ×, 1 age group ; ○, group older than 1 age.

らば，筌の中に入る尾数は，雌と雄とがほぼ一致するはずである。したがって，本実験結果から摂餌量は時期的に雌と雄とでは相違し，産卵期を中心とした時期には雌，またその他の時期では雄の方が多いといえる。

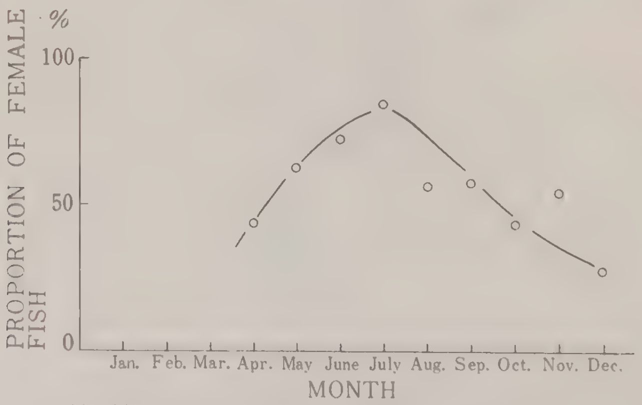

Fig. 8. Monthly variation of the prcportion of female fish to total catch.

F. 成長に伴う消化管の長さの変化

ドジョウの消化器については，内田（1939）および末広（1942）の詳しい研究報告ならびに青柳（1957）の記載がある。それらを要約すると，口は吻端下にあるかわずかに前方に向き，下顎は上顎より短く，口唇は柔軟肉質で厚く，下唇は広く，中央溝によって左右にわかれている。口鬚は上唇に2対あり，その表面にはフラスコ型の味感覚球と粘液を分泌する単細胞が開口し，またその中央部に軟骨性の支柱を有する点がコイの口鬚と著しく異なる。口腔は中位で，舌は大きく動かず，丸く，滑らかである。顎，鋤骨および口蓋骨

には歯がない。咽頭歯は1列で細かく，やや強い。鰓耙は第1鰓弓において前後に扁平で短く，やや内側に偏っており，その数は末広によると13である（著者の観察では14〜17をみとめた）。腹腔は比較的大きく，腹膜は黒色素細胞を有する。消化管は食道から肛門にかけてほとんど直線で，食道は比較的細長くて狭い管である。胃は消化管の1／4の長さを占め，比較的厚く，円筒状である。それに続く十二指腸は全管のうちで最も厚く，螺線形をなし，2〜2.5回右廻りに回転して腸に続いている。腸は真直で，非常に薄く，血管に富んでいる。幽門垂はない。肝臓は大きく，2葉あり，そのうち右の方が大きい。胆嚢は球状で比較的大きく，右の肝臓の中央部にある。脾臓は大きくて右葉の縁辺に存在する。

さて，著者は消化管のうち，実験の材料および方法の項で述べた6カ所について測定を行ない，10 mmの級間体長別に平均値を求めた（第4表)。各測定形質の長さと体長との関係を図示すると，それぞれ異なった

Table 4. Lengths of stomach, duodenum and rectum respectively and diameters of the latter two parts of alimentary canal in relation to body length.

Range of body length	Mean	l_1	l_2	l'_2	l_3	L	W_1	W_2
40〜 49	46.5	5.8	3.7	5.2	13.4	24.1	1.6	1.4
50〜 59	56.0	6.3	5.3	6.7	15.8	29.0	1.8	1.6
60〜 69	64.0	8.1	5.5	7.0	18.0	33.1	1.7	1.6
70〜 79	76.0	8.5	8.1	9.5	21.4	39.4	2.2	1.9
80〜 89	84.0	11.5	8.4	11.6	23.2	46.3	2.4	1.9
90〜 99	93.8	11.2	9.4	10.6	28.9	51.8	2.5	2.2
100〜109	105.7	14.6	9.6	14.9	28.3	57.8	2.9	2.3
110〜119	112.5	13.2	12.1	16.7	33.2	63.1	3.1	2.5
120〜129	124.9	14.5	12.5	15.2	39.8	69.1	2.8	2.2
130〜	141.6	16.5	13.5	20.2	43.5	80.5	3.8	2.8

Notes : All values are represented by mm. For the abbreviations, see Fig. 1.

Table 5. Change of the proportion of varicus parts of alimentary canal in relation to body length with growth of the fish in loach.

Range of body length	Mean	$100l_1$/BL	$100l_2$/BL	$100l'_2$/BL	$100l_3$/BL	100L/BL	$100W_1$/BL	$100W_2$/BL
40〜 49	46.5	12.5	8.0	11.2	28.8	52.3	3.4	3.2
50〜 59	56.0	11.2	9.3	12.0	28.3	51.2	3.3	2.9
60〜 69	64.0	11.6	8.7	10.8	28.3	51.7	2.6	2.3
70〜 79	76.0	11.1	10.6	12.4	28.2	51.8	2.9	2.5
80〜 89	84.0	13.7	10.0	13.8	27.5	55.1	2.9	2.3
90〜 99	93.8	11.5	8.9	12.5	29.5	55.3	2.6	2.3
100〜109	105.7	13.6	9.1	14.0	26.7	54.7	2.7	2.2
110〜119	112.5	11.7	10.8	14.8	29.6	56.0	2.7	2.3
120〜129	124.9	11.7	9.9	12.4	31.8	56.3	2.2	1.8
130〜	141.6	11.8	9.5	14.4	30.7	56.9	2.7	1.9

Notes : All values are represented by mm. For the abbreviations, see Fig. 1.

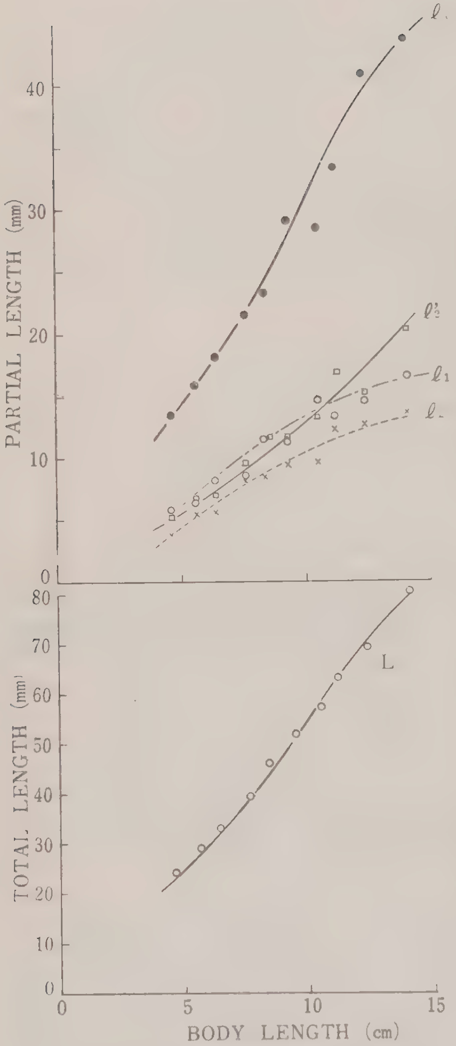

Fig. 9. Growth of respective parts of alimentary canal in relation to body length.
Note : l_1, stomach ; l_2, duodenum ; l'_2, stretched length of duodenum ; l_3, rectum ; L, total length of alimentary canal which is represented by $l_1 + l'_2 + l_3$.

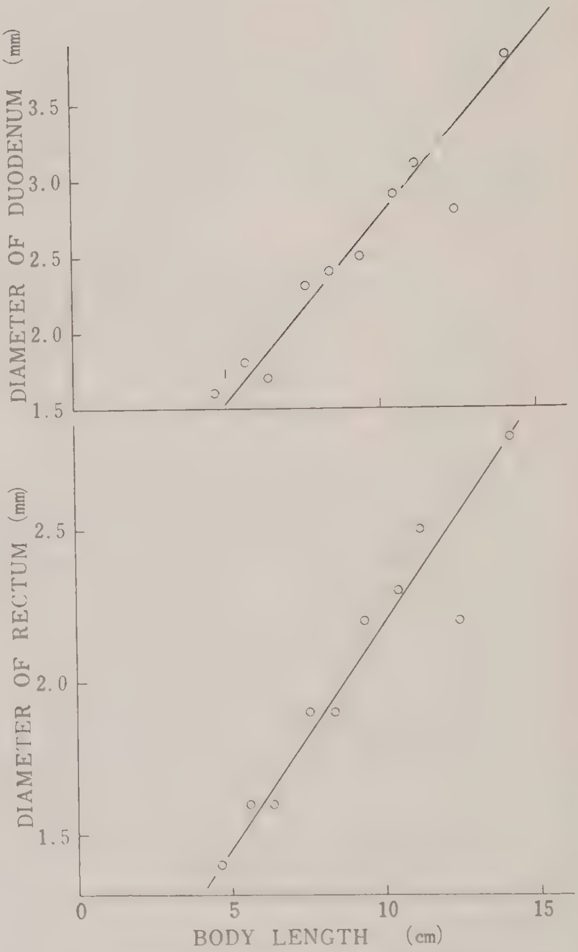

Fig. 10. Diameter of duodenum and rectum in relation to body length.

され，l'_2とl_3の線の傾きはl_1およびl_2よりも大きい（第9図）。また，巾では，それぞれ直線となり，次式で表わされる（第10図）。

すなわち，$W_1 = 0.024BL + 0.310$　　$W_2 = 0.015BL + 0.710$

ただし，　W_1，W_2 および BL の単位はいずれも mm。

次に各形質の長さおよび巾の体長に対する割合が成長に伴って，どのように変化するかをしらべた（第5表）。

すなわち体長が69 mm 以下の未成魚と 80 mm 以上の成魚とを各値について比べると $100 l_1$/BL は前者では11.2〜12.5，また後者では11.7〜13.7，また100 l_2/BL の値は，前者では8.0〜9.3，後者では8.9〜10.8でこの両形質は成魚と未成魚との間において差異がほとんど認められない。しかし十二指腸を引延した場合の 100 l'_2/BL の値は，前者が10.8〜12.0，後者が12.4〜14.8， 腸の長さ l_3/BL は前者では 28.3〜28.8，後者では1・2の例外を除くと30前後でこの両形質は成魚と未成魚との間に差異が認められる。消化管の全長の割合，100 L/BL の値は体長が 79 mm 以下では51.2〜52.3，それ以上の体長では54.7〜56.9で，体長が 80 mm の大きさを境として急増する（第11図)。

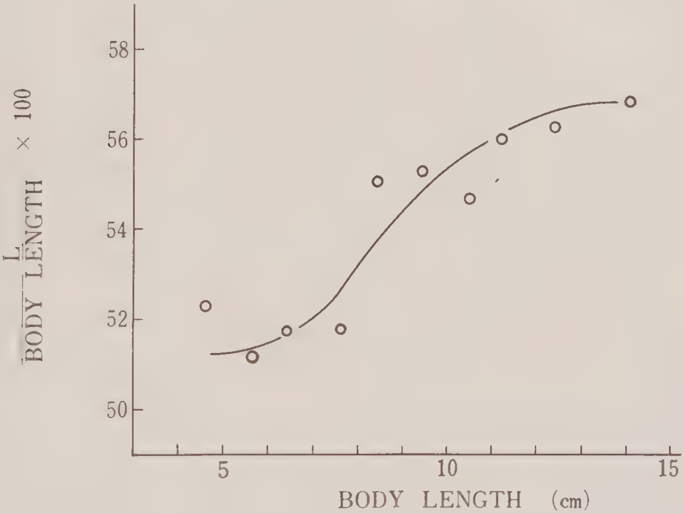

Fig. 11. Increase of the proportion of total length of alimentary canal with growth of the fish. Pay special attention to the fact that growth inflection of canal length is recognized at 80 mm in body length where the food habit of fish is concurrently changed from carnivorous to herbivorous.

次に十二指腸の巾の割合，つまり 100 W_1/BL の値および腸の巾の割合， つまり 100 W_2/BL の値はいずれも成長に伴って減少する。100 l_2/BL に変化がみられず 100 W_1/BL が減少し，しかも 100 l'_2/BL で増加することは，十二指腸の回転数が成長に伴って多くなることを示している。

G. 消化管内容物

a. 成長に伴う食性の変化

魚の大きさと，消化管内容物の種類および量との関係を第6表に示した。これによると消化管内容物は体長が 49 mm 以下では主に小甲殻類で，体長が 21 mm の個体では 300 μ 程度， 29 mm では 850 μ 以下，32 mm では1100 μ 以下の *Cyclops* である。 50〜79 mm になるとそれらの餌料のほかに，イトミミズが混じり 70〜89 mm では動物性餌料以外に *Navicula*, *Cymbella*, *Gomphonema* などの硅藻および植物の茎・根・種子などが新たに加わり， 90 mm 以上になると動物性餌料は次第に減少し，植物性餌料，とくに *Spirogyra* が増大する。 このように， 体長が約 70 mm から 90 mm にかけて，動物性から植物性へと餌

Table 6. Change of food habit with growth in loach.

	Range of body length (mm)	10〜19					20〜29					30〜39					40〜49				50〜59				
	Species / Body length (mm)	15	16	16	16	17	21	25	27	27	29	30	32	32	34	38	44	45	45	47	55	58	58	59	59
Animal	Copepoda	c	c	rr	c		c	c	c	c		c		c	cc	r	c	c	cc	c	rr	c	cc		c
	Moina macrocopa					c																			
	Cyclops spp.		c	cc							cc		cc			c	r	r	c						
	Bosmina sp.																								
	Insect																								
	Larva of insect					c													r			r			
	Nauplii												r		rr		r		r						
	Graptoleberis testudinaria										rr														
	Phacus pleuro																								
	Rotatoria rotatoria	cc				c		r																	
	Limnodrilus gotoi											rr									rr	cc		cc	cc
Plant	*Navicula* spp.																								
	Cymbella spp.																								
	Nitzschia linearis																								
	Gomphonema sp.																								
	Gyrosigma spp.																								
	Closterium spp.										r				cc		c								
	Ankistrodesmus spp.																								c
	Synedra spp.																								
	Achnanthes inflalata																								
	Grammatophora sp.																								
	Surirella spp.																								
	Anabaena sp.																								
	Stenopterobia intermedia																								
	Euglena spp.																								
	Oedogonium spp.																								
	Fragilaria sp.																								
	Pinularia sp.																								
	Spirogyra sp.																			r				rr	r
	Fragments of plants						r																		
Mineral	Mud																			c	c				

料内容が変化するが，この時期はさきの項で述べたところの消化管の全長の体長に対する割合が急増する時期と一致している。口分田ら（1956）は淡水魚の腸の長さについて研究を行ない，食性が植物性のものでは，消化管が体長に比べて長く，動物性のものは短いという結果を得たが，本実験結果は，消化管の長さの体長に対する割合が小さい未成魚では動物質，また割合が大きい成魚では植物質の餌料を食し，前記の結果とよく符合する。

なお，内容物は主に十二指腸に存在し，胃および腸では空虚の場合が多かった。また内容物は咀嚼されておらず，消化されたもの以外は，形はほぼ完全で，したがってドジョウは餌を丸飲みにするものと思われ

60〜69					70〜79					80〜89			90〜99				100〜109					110〜119					120〜					
65	65	69	69	69	70	71	72	75	78	85	88	89	92	95	96	98	100	101	102	105	106	111	114	114	115	116	120	125	127	128	129	131
	c	r			cc	r			c	c			c	r		r																rr
								cc			c					r		cc														
														c																		
												cc																				
					c																											
							cc		c	c	cc	r		r	rr																	
					rr																											
															r																	
							cc																									
													rr																			
cc			cc	c		c		cc																								
					cc	c	cc	rr				cc	cc		cc	cc		cc			c	cc			cc		cc		cc	cc		
						c	cc					cc			cc	r	c	cc			c	cc			cc		cc		cc	c		rr
																		cc														
																	cc					cc			cc				cc	cc		
					cc	c							c			rr														r		
												cc				rr	r			cc							cc					
											cc	cc	cc		r			c							c							
												r																				
																r										cc						
																r									r							
																		cc				cc			cc				cc			
																														r		
																															r	
														rr																		
														r																		
																		cc														
																r																
					rr	r										rr	c	cc		cc	cc		c	cc	cc	cc	c		cc		cc	c
				r		c	r	r		c				c	r	rr	c		cc	cc	r	c	cc					cc			cc	c
	r	c	r		cc		c	c			cc				r				cc					r		cc					r	c

る。

b．食性の季節的変化

食性が変化しはじめる魚の大きさ，つまり体長が約80 mm になるまでには，生後３〜10カ月（６月下旬に孵化し，早いものでその年の９月，普通で翌年の４月まで）を要する。したがって未成魚における食性の周年変化をしらべることはできない。そこで，体長が80 mm以上の個体のみについて，消化管内容物の種類および量を時期別に並べて第７表に示した。

すなわち，４月および５月では *Navicula*, *Cymbella*, *Spirogyra*, *Gomphonema*, *Surirella* および

Table 7. Seasonal variation of both kind and amount of stomach contents in loach longer than 80 mm in body length.

	Date	Apr. 13			Apr. 27						May 16						
	Species / Body length (mm)	89	96	120	116	129	114	114	88	106	100	128	115	111	127	113	101
Animal	Copepoda															rr	
	Moina macrocopa															rr	cc
	Cyclops spp.																
	Bosmina sp.	cc	r						cc		r		rr		rr		
	Insect																
	Larva of insect	r											r				
	Graptoleberis testudinaria																
	Limnodrilus gotoi		rr														
Plant	*Navicula* spp.	cc	cc	cc						c		cc	cc	cc	cc	cc	cc
	Cymbella spp.	cc	cc	cc						c	c	c	cc	cc	cc		
	Nitzschia linearis						rr										
	Gomphonema sp.										cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc
	Gyrosigma sp.											r					
	Closterium spp.	cc		cc							r						
	Ankistrodesmus spp.	cc	r										c				c
	Synedra spp.	r															
	Achnanthes inflalata		r		cc												
	Grammatophora sp.												r				
	Surirella spp.											cc	cc	cc	cc	cc	
	Stenopterobia intermedia																
	Fragilaria sp.																
	Pinularia sp.																
	Seienastrum sp.																
	Spirogyra sp.			c	cc	cc	cc	cc	cc	cc	c		cc		cc	cc	cc
	Euglena spp.																
	Fragments of plant		r			cc	cc	cc	cc	r	c			c			

植物の茎・根・種子などの植物性餌料が大半を占めているが，産卵を終った直後と思われる7月初旬では *Cyclops*，*Bosmina*，昆虫幼虫，その他の小甲殻類などの動物性餌料が主体をなす。例えば，7月12日に採捕した体長が 98 mm の個体は，大きさ 440〜900 μ の *Cyclops* を132個体，260〜364 μ の *Bosmina* を96個体，280 μ の *Moina macrocopa* を2個体，水生昆虫を1個体および同幼虫を30個体を捕食していた。9月以後では再び植物性が主体をなすが，小甲殻類も混食している。年間を通じて多く食べられる種類は *Navicula*，*Cymbella*，*Spirogyra* および植物の根・茎・種子などである。摂餌量は産卵期の前後および4月が最も多く，9月以後では消化管内に全く餌料の存在しない個体が増加する。これは前述した筌による捕獲実験の結果と全く一致する。

c. 他魚類との比較

永田川に生息する2・3の魚について食性をしらべ，ドジョウと比較した。まず体長が 40〜136 mm のフナ15尾について消化管内容物をしらべた結果，植物の茎・根，*Spirogyra*，小甲殻類および水生昆虫を

July 2			July 12		Sept. 3								Sept. 5				Sept. 7				Oct. 1						
112	121	106	98	93	110	122	120	125	110	105	126	102	101	109	98	92	128	131	123	95	104	99	85	105	121	120	100
			cc							rr			r	cc	r	c							c				
			r												r												
cc	cc	cc	cc									cc							c	c				cc	c		
r	r	r	cc																								
rr	rr	rr											r														
r	r	r	cc	r								r		cc						r			c				
			rr																								
					rr							cc															
													r		cc	cc	r										r
																	r										
															rr				r	c						r	
									cc	cc					rr												
			cc										cc			cc	c		c								cc
			c																								
			r																r								
													r				r										
																		r									
													cc														
														r													
																									rr		
r	r	r								cc					rr		c	c						rr	r	c	
																					rr						
c	c	c		c	c	c	c	cc	cc	cc	cc	cc				rr	c	c	c	c	c	c	c		c	cc	

多量に，昆虫幼虫，*Moina*，*Bosmina*，輪虫類，*Fragilaria* および *Closterium* などを少量捕食していた。それ故にフナは雑食性で，体長が約 70〜100 mm のドジョウと食性がほぼ一致している。次に体長が 32〜92 mm のドンコ22尾についてしらべた。その結果体長が 40〜50 mm の個体では水生昆虫を多量に，イトミミズおよび小甲殻類を少量に，また 80 mm 以上の個体では小甲殻類を多量に，とりわけ 83 mm の魚は約 30 mm のフナを，捕食していた。またカワムツはもっぱら水生昆虫を，マハゼは *Spirogyra* をそれぞれ食していた。以上から本研究の範囲内では，ドジョウと同一環境下に住み，しかも餌が一致する魚はフナだけである。

考　　察

ドジョウの 1 日間の捕食量のうち，昼間の占める割合は時期的に変化し，6 月および 7 月に最も多く，ま

たその時期から遠ざかるほど減少する。この原因は生殖腺の成熟および産卵と関連しているように思われる。すなわち，月別による卵巣重量の体重に対する割合は，6月が最大，9月および10月が最小で（久保田，1961 b）本実験における昼間の捕獲割合の最大・最小の各時期と一致する。この生殖腺の発達は，温度および日照時間に影響されるから，これらも間接的な要因と考えられる。次にドジョウの産卵時期は，著者の観察では早朝から正午までの間で，産卵は数回にわけて長期間に行なわれる。したがって，産卵期における魚は，午前中に産卵し，その後摂餌を行ない，夜間は翌朝の産卵に備えて餌をとらないものと思われる。このような夜間における絶食は，産卵を容易にするために必要なのであろう。

次に，月別による捕獲魚の体長，体重ならびに年令組成は，6月および7月には高年令の大型魚，そして，これらの時期から遠ざかるほど若年令の小型魚で構成されていた。この原因については，摂餌量が大型魚では産卵期を中心とした時期に著しく多く，その他の時期に少ないが，小型魚ではこのような季節的な大きい変動がないことによるもので，その他に冬眠の期間が小型魚よりも大型魚の方が長い（久保田・松井，1955，久保田，1961 a）ことも1因と思われる。また7月および8月に，0才魚が捕獲されないのは，食性が成魚と相違し，筌の中の餌料に誘引されないことによるものであろう。

捕獲魚の性比は季節的に変化し，雌の占める割合は産卵期に最大値を，またこの時期から離れるほど小さい値をそれぞれ示した。この原因は雌の生殖腺の成熟に必要なエネルギー量が，雄よりも多いこと，および，卵の成熟時期が初夏であるのに対して，精子形成が冬季に行なわれ，両者の時期が相違することによるものと思われる。

摘　　要

1. ドジョウは嗅覚によって餌の種類を鋭敏に区別することができる。
2. 生活適温はおよそ 20～30°C である。
3. 摂餌は産卵期には主に昼間，その他の時期では，主として夜間に行なわれる。
4. 産卵期およびその前後の時期に筌で捕獲される魚は，その他の時期にとれるものよりも大きい。
5. 産卵期およびその前後の時期に筌で捕獲される魚の年令は，その他の時期のものよりも高年令である。以上からして，大型魚（成魚）の摂餌量は産卵期を中心とした時期では，その他の時期におけるよりも多いように思われる。
6. 摂餌量は産卵期およびその前後の時期では，雄よりも雌の方が，その他の時期には逆に雌よりも雄の方がそれぞれ多い。
7. 十二指腸および腸の巾の体長に対する割合は，成長に伴って減少する。
8. 消化管の長さの体長に対する割合は，体長が 79 mm 以下では 51.2～52.3％，それ以上の体長では 54.7～56.9％で，体長が 80 mm の大きさを境として急増する。これは主に十二指腸の回転数が増加することに起因する。そして丁度この時期に食性が動物性から植物性へと変化する。
9. 成魚の食性は，産卵直後では一時的に動物性食であるが，それ以外の時期では主に植物性食である。
10. ドジョウとともに生息し，しかも餌が一致する魚は，研究範囲内ではフナだけである。

文　　献

1）阿部　圭，1935：鰌の養殖法．大日本水産会，東京．
2）青柳兵司，1957：日本列島産淡水魚類総説．大修館，東京．
3）福田亮三，1922：鰌の腸の組織的研究（Ⅰ）．水研誌，**17**（12）．

4）———，1923：鰌の腸の組織的研究（2）．水研誌，**18**（1）．
5）口分田政博・鈴村　求・前川春次・深尾　徹・川瀬　寛・魚畑　久・大田久一，1956：淡水魚の腸の長さ．採集と飼育，**18**（3）．
6）久保田善二郎・松井　魁，1955：ドジョウの冬期蓄養に於ける魚体の減耗に就いて．本報告，**4**（3）．
7）—————，1961 a：ドジョウの生態に関する研究—I．生態的分布．本報告，**11**（1）．
8）—————，1961 b：ドジョウの生態に関する研究—II．生殖腺について．本報告，**11**（1）．
9）—————，1961 c：ドジョウの生態に関する研究—V．性比について．本報告，**11**（1）．
10）SUEHIRO, Y., ,1942：A study on the digestive system and feeding habits of fish. *Jap. Jour. Zool.*, **10**（1）．
11）田中小次郎，1948：人工孵化に依る鰌の稚魚の成長度に就て．香川水試報，**3**．
12）内田恵太郎，1939：朝鮮魚類誌．第一冊，糸顎類，内顎類．朝鮮水試報，**6**．

ドジョウの生態に関する研究—Ⅲ.

生殖腺について※

久保田善二郎

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)—Ⅲ.

Development of the Gonad during the Maturation※

By

Zenziro KUBOTA

The development of the gonad of the loach, either induced artificially or naturally, were studied minutely from either pure scientific interest or practical one by many workers. But the author studied the development of many characters of the gonad with the seasons passing such as the outlook, the number of the ovarian eggs, etc. from ecological interest or as the foundation of the culturing technique. And the following results are obtained :

1) Length of ovary (ol) in mm, width of the same (ow) in mm and weight of it (OW) in g change depending on the body length (L) in mm keeping the following relations :

$$ol = 0.500L - 15.00$$
$$ow = 0.127L - 6.16$$
$$OW = 3.383L^{5.1329} \times 10^{-11}$$

2) Gonad begins to be observable without aid of any magnifier, when the loach grows into the stage as long as 49 mm in body length.

3) About 51 mm is the shortest body length that will enable us to distinguish the sex by the appearance of the gonad.

4) The ovary is clearly separated into two lobes in the loach measuring 51 mm in body length, extending posteriorly from the portion more or less behind the base of the pelvic fins and lies above the dorsal side of the intestine. But when the fish attains to 77—82 mm in body length the lobes fused together into a cluster developed both anteriorly and ventro-lateraly. In the spawning season, moreover, the anterior end of the ovary covers a part of the duodenum and the ventro-lateral part perfectly

※ 水産講習所研究業績　第335号，1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 335.
Received June 26, 1961.

envelopes the rectum.

5) The right and left lobes of the testis are asymmetry, the right lobe is longer, narrower and lighter than the left lobe.

6) The changes in length of the right lobe of the testis (tl) in mm, width of left lobe (tw) in mm and total weight of both lobes (TW) in mg due to the increase in body length in mm can be represented by the following experimental equations :

$$tl = 0.333L - 5.65$$
$$tw = 0.028L - 0.620$$
$$TW = 1.166L^{4.9071} \times 10^{-8}$$

7) Most of the ovarian eggs begin to develop from late August to early September, but the period by no means so short.

8) Among the ovarian eggs those in both posterior and dorsal parts are larger than those in both anterior and ventral parts.

9) The proportion of the ovarian weight to total body weight is minimum in September and is 1.6%, while it is the maximum in June and is as large as 13.2 %.

10) It requires about 10 months from the beginning of development to the spawning of the eggs.

11) The unspawned matured eggs remained in the ovary are by no means spawned in the next year but are absorbed.

12) The gonad develops even in the duration of the hibernation.

13) The number of the ovarian eggs (N) at respective body length (L in mm) is represented by the following experimental equation :

$$N = 3.08L^{4.4867} \times 10^{-6}$$

14) The testis develops earlier than the ovary. It is thought to be one of the reasons why the sexual difference in growth rate occurs.

15) As many as 610,540,000 is estimated to be the average number of the spermatozoon in the testis of an individual of loach as long as 94—115 (average=101) mm in body length.

ま え が き

ドジョウの生殖腺については，川村（1944）がトノサマガエルの脳下垂体前葉を注射することにより人工排卵に成功して以来，主として成熟および排卵の促進について行なわれ，それについて，藤田ら（1948），田中（1948 a・b），渡辺（1948，'50），久保田（1953 a・b）および小林と山林（1957）などの業績があり，藤田ら（1948）はトノサマガエルの脳下垂体を注射して後の卵巣の成熟過程を追求し，川村と本永（1950）はシマドジョウの腹腔内にトノサマガエルの脳下垂体前葉の懸濁液を注射し，卵巣に起こる変化を主として組織的に観察した。中村（1935），内田（1939）；大島（1940），川村（1944），山口県水産指導所（1947）および岡田と中村（1950）は産卵期について，また小林（1922），阿部（1935），内田（1939）および藤田ら（1948）は抱卵数または排卵数についてそれぞれ記述している。西川と久保田（1959）は精巣における生殖細胞の季節的変化を組織的に観察し，皆森（1950）はシマドジョウの生理的隔離についての実験で，雄の雑種はすべて不妊で，雑種の精巣の大きさは，対照の精巣とほぼ同じか，または若干小さく，純粋な種族の精巣は産卵期間において白いが，雑種では半透明で，この両者間の差異は，精虫の有無と関係していることを

報告した。さらに鈴木（1955）はシマドジョウの雌雄同体について，また西川と久保田（1957）はドジョウに見られた精巣卵についてそれぞれ記載した。

著者は1949年2月から山口県に産するドジョウにより，生殖腺の形態，各季節における成熟度，抱卵数および精子数などについて生態学および増殖学上の見地からしらべた。

本文に入るに先立ち，御校閲を賜わった京都大学教授松原喜代松博士ならびに終始御指導を仰いだ本所教授松井魁博士に感謝の意を表する。

実験の材料および方法

供試魚は山口県熊毛郡平生町附近および下関市吉見町永田川下流附近で，筌または掬網を使用して採捕し，10％ホルマリン溶液に固定した標本977尾である。卵径の測定は1949年2月から1950年10月にわたって平生町附近で採集したドジョウで行なった。まず卵巣を摘出し，それを前部，中部，後部に3等分し，さらに中部を背部と腹部とに2等分した。次に各部分別に，小量の水を入れた小型シャーレ内で卵粒を分離し，それらをスポイドでスライドグラス上に滴下後，針で一列に無作為にならべ，ミクロメーターでその一端から卵の最大径を各部200〜300粒あて測定した。しかし卵径が230μ以下のものは，以上のようにして処理することが困難だから，9月にのみ測定し，その他の月では除外した。供試卵数は14,740粒である。

抱卵数は重量法で，また精子数は体長94〜115 mm，体重9.6〜10.5 g の個体11尾から精巣を摘出し，GPC−5液（久保田，1961c）中で十分搾出して精子含有液を作り，トーマス血球計算器を使用して，それぞれ算定した。

実験結果

A．生殖腺の形態および重量

成熟した卵巣は，川村と本永（1950）がシマドジョウで認めたように1個の紡錘形の器管で，体腔内に位置し，懸着膜によって背側壁にかかり，その前端部は十二指腸部またはその後端からはじまり急に太くなって後方に走り，直腸を完全に囲繞し，腹鰭基部附近から次第に細くなり，最後に短い輸卵管を経て生殖孔を以って外部に開く。卵巣背部正中線はわずかに凹む（第1図)。

輸卵管は卵巣皮膜の延長したもので，卵巣の後部は漏斗状を呈し，その皮膜下部は直腸に密着し腸管の背部からその正中線にそって肉質の比較的厚い膜が上方に延び，背部の卵巣皮膜に接着している。したがって輸卵管はこの膜で左右2つにしきられるが，これより後方では合して1管となる。この仕切り膜は弾力性に富み，側面からみると，その中軸部は上部および下部より短い（第2図)。川村と本永（1944）は，卵が生殖孔から1・2列をなして流れ出ることを観察しているが，それはこの仕切り膜によるものと思われる。

体長（L mm）と卵巣の長さ（ol mm）および巾（ow mm）との関係は

$$ol = 0.500L - 15.00$$

$$ow = 0.127L - 6.16$$

の実験式で表わされる（第3図)。

次に体長（L mm）と卵巣重量（OW g）との関係は

$$OW = 3.383L^{5.1329} \times 10^{-11}$$

の式で表わされる（第4図)。

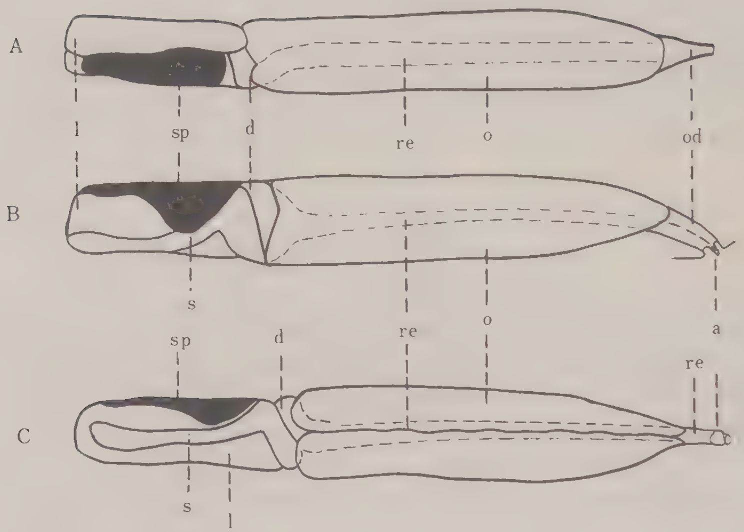

Fig. 1. Ovary in matured stage.
Notes : A, dorsal view ; B, side view ; C, ventral view ; a, anus ; d, duodenum ; l, liver ; o, ovary ; od, oviduct ; re, rectum ; s, stomach ; sp, spleen.

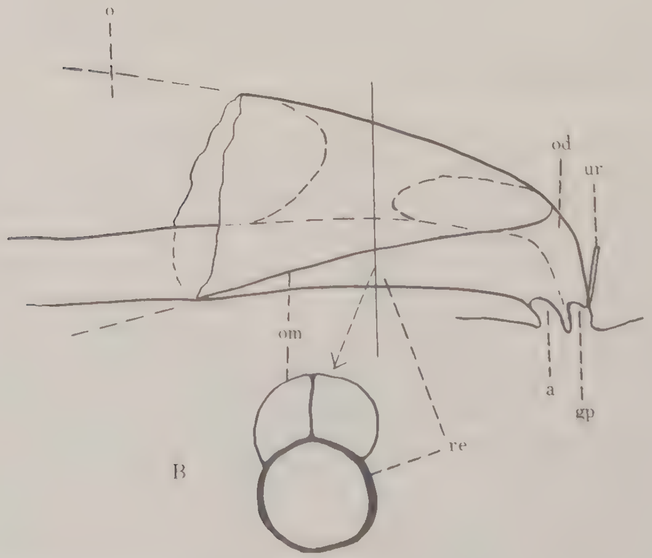

Fig. 2. Side view and cross section of the oviduct.
Notes : A, side view ; B, cross section ; a, anus ; gp, genital pore ; o, ovary ; od, oviduct ; om, ovarian membrane ; re, rectum ; ur, ureter.

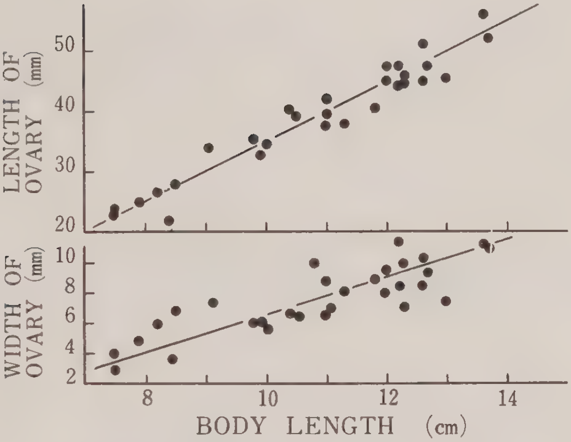

Fig. 3. Regressive relation of width and length of ovary in relation to body length.

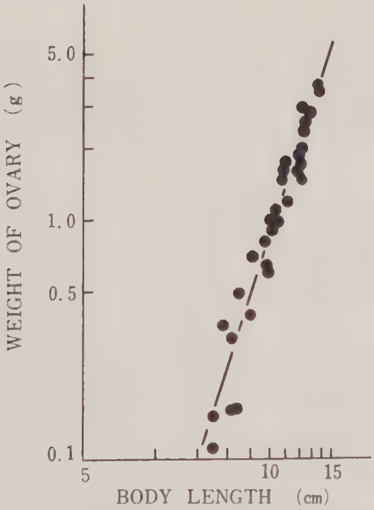

Fig. 4. Logarithmic representation of the regressive relation of the weight of ovary in relation to body length.

成長に伴う卵巣の形態の変化を第5図に示した。すなわち，生殖腺が肉眼的に観察される最小体長は49 mm（9月1日固定）で，性徴のうち最も早期に発現する形質，つまり胸鰭の骨質薄板 lamina circularis の出現よりもわずかに早い（久保田，1961 a）。この生殖腺は直腸後部の背側に位置し，乳白色，糸状で，性は区別できない。体長が 51 mm（9月1日固定）になると，生殖腺は腹鰭前基部よりもやや後方からはじまり，腸管の背部に位置し，飴色のひも状で検鏡によって核を有する直径およそ 50 μ の透明卵がみられ，精

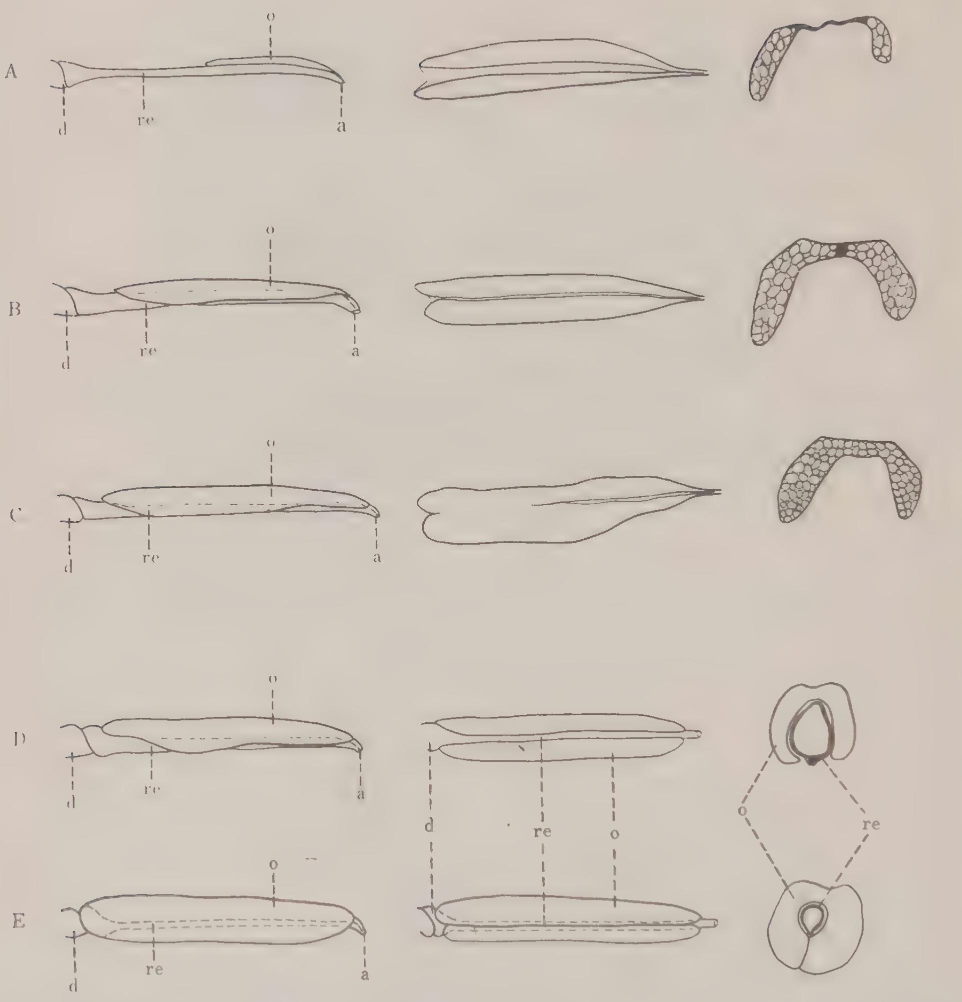

Fig. 5. Development of the ovary with growth of the fish.
Notes : A, 51mm in bcdy length ; B, 61 mm ; C, 77 mm ; D, 82 mm ; E, 114 mm. left, side view ; middle, ventral view ; right, crcss section at the anterior part. a, anus ; d, ducdenum ; o, ovary ; re, rectum.

巣と明確に区別される。この卵巣は長さ，巾ともに相違する左右1対の房からなり，両巣は透明な卵巣膜で連結されている（第5図A）。卵巣は，体長が61 mm（9月20日固定）では前方および下方へ拡大され，左右卵巣は発達し，ともに接近する。しかし両卵巣は膜によって明瞭に境されている（第5図B）。体長が77 mm(10月5日固定)になると，卵巣の前端は十二指腸より眼径の約3倍の距離ほど後方の位置からはじまり，両卵巣は後部では分かれているが，前部では完全に癒合する。卵巣の長さは23 mm，卵径は最大260 μ，普通 130〜160 μである（第5図C）。体長82 mm（4月15日固定）では，十二指腸よりわずかに後方の位置からはじまり，下側縁は直腸の下部に達するが，それをつつむまでには至らない（第5図D）。114 mm（6月14日固定）では，前端は十二指腸の一部をおおい，下側部は十分発達して直腸を完全につつむ。卵巣卵は淡黄色で，卵巣膜の表面には星状の黒色素胞が散在する（第5図E）。

精巣は左右1対の帯状の器管で，体腔内に位置し，懸着膜によって背側壁にかかり，その前端部は臀鰭前基部から尾鰭基部までの距離ほど胸鰭基部より後方の位置にはじまり，先端部は鈍く尖る。背側縁は直線に近いが，下側縁は波状をなし，中央部に向かって高さを増す（第6図）。

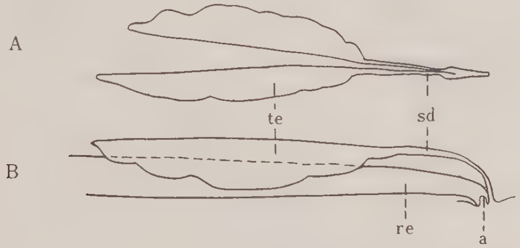

Fig. 6. Ventral and side views of the testis.
Notes : A, ventral view ; B, side view. a, anus ; re, rectum ; te, testis ; vd, vas deferens.

精巣の後端は腹鰭基部より，同鰭の長さの約½ほど前方に位置し，それより細い輸精管につらなる。この2つの管は，生殖孔の直前で下方へ向きを転ずるが，このあたりで癒合して1本となり，その部分の巾は他よりいくぶん広い。癒合部の内壁はひだに富み，孔の断面は「へ」の字型を呈する（第7図）。

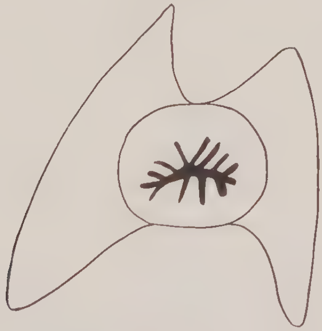

Fig. 7. Cross section of the vas deferens.

多くの個体では精巣と輸精管との境界は明確でないから，両者を合わせて精巣の長さとし，体長（L mm）と右精巣の長さ（tl mm），左精巣の巾（tw mm）および精巣重量（TW mg）との関係を示すと第8図および第9図となる。

これらの関係は

$$tl=0.333L-5.65$$

$$tw=0.028L-0.620$$

$$TW=1.166L^{4.9071}\times10^{-8}$$

の実験式でそれぞれ表わされる。

左右の精巣は不相称で，右側は左側よりも長くて狭く，かつ軽い傾向がある（第10・第11・第12図）。

成長に伴う精巣の横断面の変化を第13図に示した。断面は体長73 mmの個体（10月17日固定）では三日

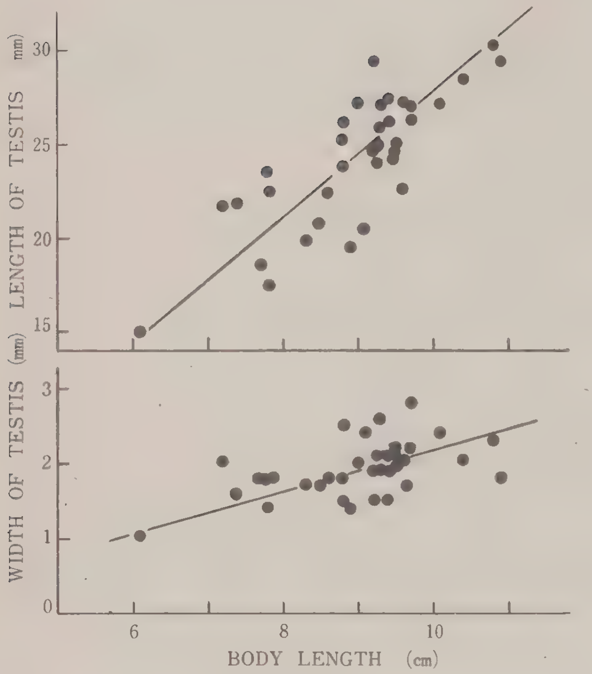

Fig. 8. Regressive relation of length and width of testis in relation to body length.

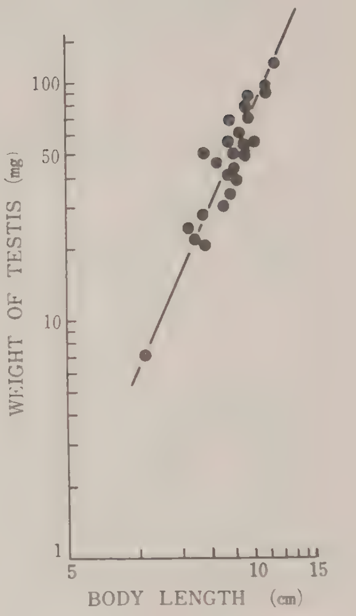

Fig. 9. Logarithmic representation of the regressive relation of weight of testis in relation to body length.

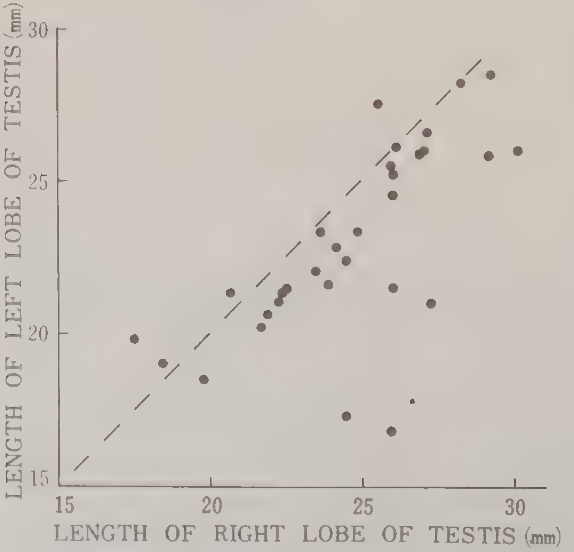

Fig. 10. Asymmetry observed in the lengths of the pair of testes.

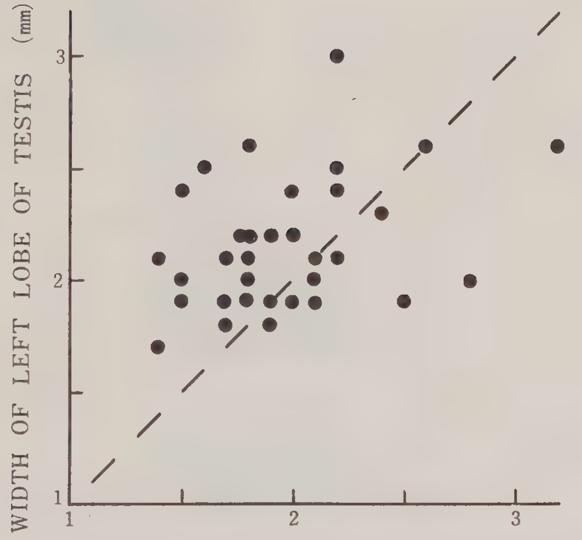

Fig. 11. Asymmetry observed in the widths of the pair of testes.

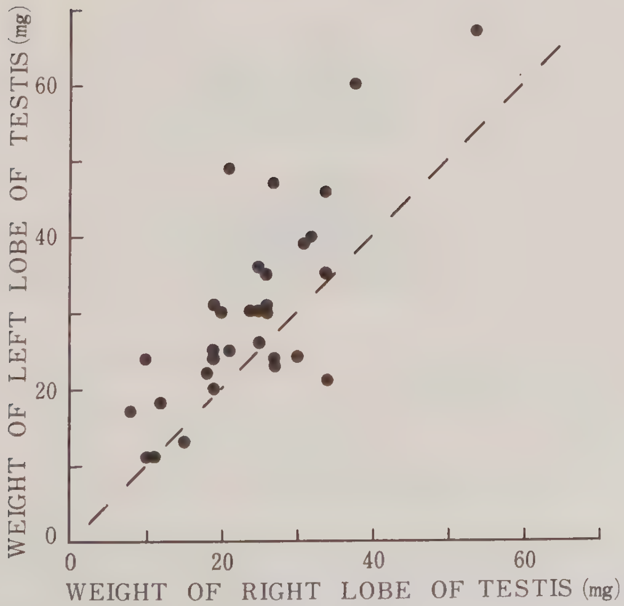

Fig. 12. Asymmetry observed in the weights of the pair of testes.

Fig. 13. Change in shape of the section of testis with growth of the fish.
Notes : A, 73 mm in body length (fixed on Oct. 17) ; B, 82 mm (fixed on Apr. 15) ; C, 98 mm (fixed on June 14).

月状で，中央部が厚く，上縁および下縁部はうすい。その厚さは62 μ，巾は127 μ，両者の比は0.49である。冬季の潜伏を終った体長 82 mm の個体（4月15日固定）では，厚さは 81 μ で，さきの場合と大差が認められないが，巾は著しく増加して 195 μ となり，したがって両者の比は0.42にとどまる。

次に産卵期に捕獲された 98 mm の個体（6月14日固定）では，上部が発達して下部よりも厚くなる。巾は199 μで，さきの場合とほとんど変らないが，厚さは 137 μで大きく増加し，後者の前者に対する比は0.69に達する。

B．成　熟　過　程

各時期別の卵径組成は第14図に示した通りである。卵巣卵は産卵直後から形成されるようで，7月中旬から8月上旬にかけて，卵径が約 750 μ 以上の成熟未放出卵に混じって少数の 10～20 μ の卵巣卵がみられる。9月3日（第14図A）では，これらの小卵が大半を占め，この時期が卵巣卵の最も多く形成される時期であることを表わしており，成熟未放出卵が，わずかに残る。10月3日（第14図B）では，いくぶん大きくなるが，すべて 500 μ 以下で，9月にみられた大型の未放出卵は消失する。12月12日（第14図C）になると，重心は 400 μ あたりにみられるが，大卵は 800 μ にも達し，卵径の変異の巾は大きくなる。冬眠期にあたる2月18日（第14図D）では，卵径の範囲は12月と変らないが，大卵の増加に伴って，重心の位置は不明確となる。3月20日（第14図E）以後では組成は著しく変化し，800 μ 以上の大卵の増加が顕著である（第14図F・G）。

次に卵巣の各部分の成熟過程を比較するために，時期別に卵巣の前部，背部，腹部および後部の卵の長径を測定し，その平均値を第15図に示した。

すなわち，卵巣の後部および背部の卵は，前部および腹部の卵よりも直径が大きく，したがって前者が後者より成熟が早いと推察される。このことは，脳下垂体溶液注射後におけるドジョウの卵巣卵の成熟が，卵巣の後部から背部，前部へと進み，腹部の消化器を囲繞する部分が最も遅れる結果（藤田ら，1948）と一致する。

卵巣重量の体重に対する割合を時期別に第16図に示した。すなわち，割合は曲線で示され，9月11日が最小で 1.6 %，冬眠開始前にあたる10月3日で 1.9 %，冬眠期間中の2月18日で 5.2 %，3月20日で 8.1 %であるが，それ以後では急激に増加し，6月10日には最大で13.2 %となり，さらにその後では急減し，7月14日には5.2 %，8月29日には2.1 %となる。これからして，産卵の盛期は6月であると推察される。ドジョウは10月から2月または3月まで泥中に潜伏し，体重は減少する（久保田，1961 b），が卵巣重量および卵

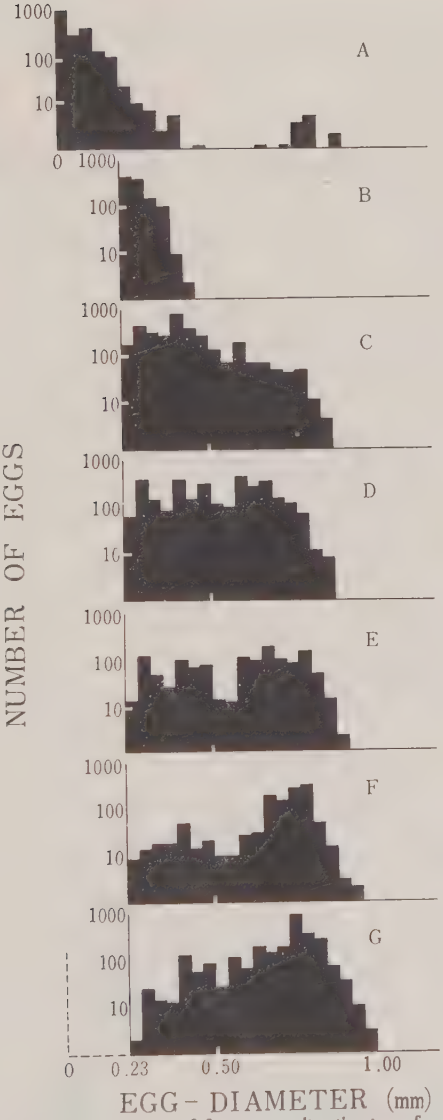

Fig. 14. Seasonal variation of frequency distribution of egg-diameter.
Note : A, Sept. 11 ; B, Oct. 3 ; C, Dec. 16 ; D, Feb. 18 ; E, Mar. 20 ; F, Apr. 20 ; G, June 10.

径は増大する。

精巣における生殖細胞の季節的変化および精子の形については，すでに西川と久保田（1959）が報告した。すなわち，生殖期直前の4月下旬より生殖期の終了する7月上旬の間に残留精原細胞の分裂によって新精原細胞が生じ，これらの細胞群は数回の分裂を経て後期の精原細胞となり，成長期に入る。精母細胞分裂は8～9月が最も旺盛で，この際に2n＝52，n＝26の染色体がみられる。精子細胞は泥土に潜伏する前後，

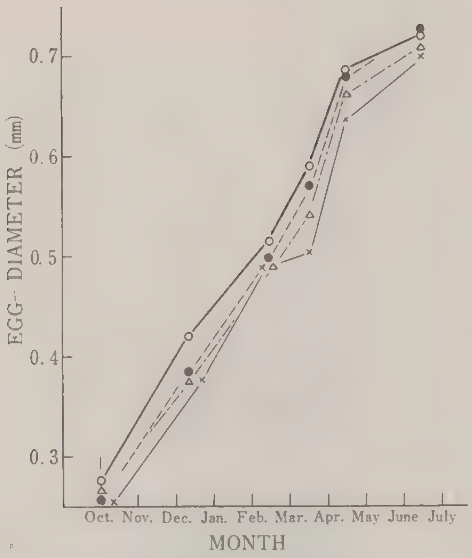

Fig. 15. Increase of mean diameter of egg sampled from the four parts of ovary with the season passing.
Note : △, anterior part ; ●, dorsal part ; ×, abdominal part ; ○, posterior part.

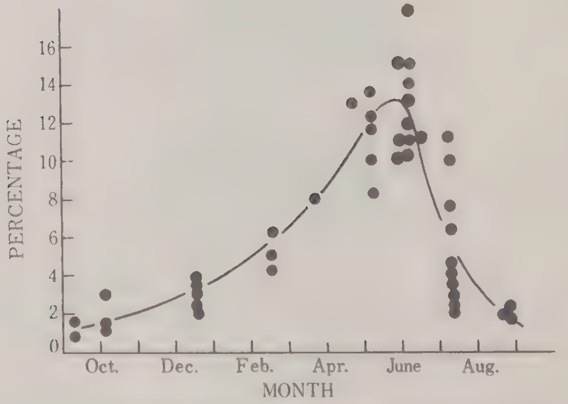

Fig. 16. Monthly deviation of the proportion of ovary to body weight.

つまり10月上旬頃に出現し，大部分の精子は潜伏の終る翌年の3月上旬頃までに徐々に形成される。残留精原細胞は細精管腔の内壁の一隅に cyst を形成して周年存在する。完成した精子の頭部は球形で，平均直径は1.6μ，中片および尾部の長さは，それぞれ0.7μ と 18.0μ である。

C. 抱卵数および精子数

体長（L mm）と抱卵数（N）との関係は第17図に示した通りである。両者の関係は

$$N=3.08L^{4.4867}\times10^{-6}$$

の実験式で表わされる。

魚の年令と抱卵数との関係を久保田（1961 b）の結果から求めると，1才では体長が 102 mm で2,800粒，2才では 118 mm で約6,000粒，3才では 129 mm で約9,000粒そして5才では 141 mmで14,000粒である。

さて，著者がこれまでに採集したドジョウのうちで最も多数抱卵していた個体は，下関市吉見町永田附近の小溜池からのもので，体長 205 mm，体重 94 g，卵巣の長さ 100 mm，同巾 17 mm，同重量 20.6 g で，卵粒数は64,800粒であった。

次に体長94～115 mm，平均 101 mmの魚，11尾分の精子総数は67億1594万個体で，1尾当りの平均精子数は6億1054万個体を数えた。

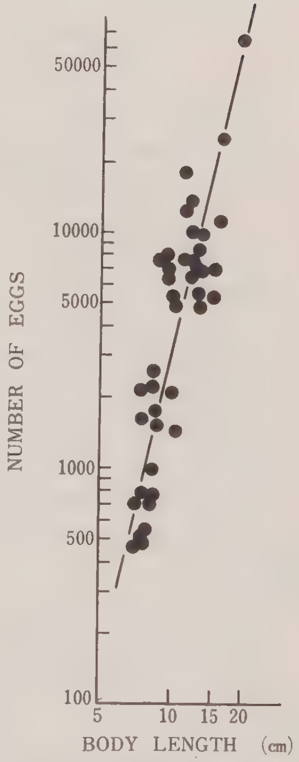

Fig. 17. Logarithmic representation of the regressive relation of number of eggs in relation to body length.

考　　察

卵巣卵は第14図の時期別卵径組成からみて主に8月下旬から9月上旬の間に発生し，また組成の変化傾向からみてその発生はこの期間だけではなくて，かなり長期間にわたるものと推察される。したがって卵巣の同一部分における卵成熟度の差異は，卵巣卵の発生する時期の遅速によると考えられる。卵巣卵が発生後産卵までに要する期間は，大部分の卵が8月下旬から9月上旬に生じ，翌年の6月に産卵されるから，約10ヵ月であると思われる。卵巣内の卵は後部および背部のものが前部および腹部のものよりも大きい結果を得た。これは卵巣が発達の初期の段階では，腹鰭前基部より後方からはじまり，腸管の背部に位置し，成熟に伴って，前方および下方へ伸長し，腸管をつつみ，十二指腸に達すること，つまり卵発生の時期的相違が1要因と思われる。

次に第14図において，大型の未放出卵が9月では少数みられ，10月では全く存在しない。この消失原因は成熟未放出卵が崩壊し，体内に吸収されたためで，9月における卵巣卵が 200 μ 以下の微細な卵で充満され，それらの中に大型未放出卵が卵巣の各部分に点在していたことから，大型卵のみが体外に排除されたとは考えられない。

第16図において，卵巣重量の体重に対する割合は，7月では2～11％で，他の時期のそれに比べて範囲が著しく広く，産卵盛期の6月よりも小さく，9月よりも大きい値を示した。これは産卵が数回にわけて行なわれることおよび成熟未放出卵が消失する過程を示すものと考える。

卵巣卵は6月に成熟し，その時期においても脳下垂体を注射しなければ受精能力を持つものはきわめて少ない。しかし精子の完成は1～3月の冬季で，この時期に精巣を摘出し，水中で精子を搾り出すと，それらはかなり活潑に運動する（久保田，1961 c）。したがって，成熟は雌よりも雄の方が早い。松井（1941，'42）および久保田（1953）は，生殖腺の成熟が成長を抑制することを指摘したことから，ドジョウの雌雄の成

長度が，孵化した翌年の4月頃から相違しはじめるのは，主として，雄の成熟が雌のそれよりも早いことによるものと推察される。

摘　　要

1. 体長（L mm）と卵巣の長さ（ol mm），巾（ow mm）および卵巣重量（OW g）との関係は

$$ol=0.500L-15.00$$

$$ow=0.127L-6.16$$

$$OW=3.383L^{5.1329}\times10^{-11}$$

の実験式で表わされる。

2. 生殖腺が肉眼的に観察される最小体長は49 mm である。

3. 肉眼的に生殖腺によって雌雄が識別できる最小体長は約51 mm である。

4. 卵巣は体長51 mm では左右1対で，腹鰭基部よりもやや後方から後に走り，腸管の背部に位置する。体長が77～82 mm になると2つの卵巣は1つに癒合し，前方および下側方へ発達し，産卵期になると，前端は十二指腸の一部分をおおい，下側部は直腸を完全につつむ。

5. 左右の精巣は不相称で，右側のものは左側のものよりも長くて狭く，かつ軽い傾向がある。

6. 体長（L mm）と右精巣の長さ（tl mm），左精巣の巾（tw mm）および精巣重量（TW mg）との関係は

$$tl=0.333L-5.65$$

$$tw=0.028L-0.620$$

$$TW=1.166L^{4.9071}\times10^{-8}$$

の実験式で表わされる。

7. 卵巣卵の発生は，8月下旬から9月上旬までの期間に最も多く，長期間にわたる。

8. 卵巣の後部および背部の卵は，前部および腹部の卵よりも大きい。

9. 卵巣重量の体重に対する割合は，9月が最小で1.6％，6月が最大で13.2％である。

10. 卵巣卵が発生してから産出するまでに約10ヵ月を要する。

11. 産卵後に卵巣内に残った成熟卵は，翌年に産卵されないで消失する。

12. 生殖腺は冬眠期間中においても発達する。

13. 体長（L mm）と抱卵数（N）との関係は

$$N=3.08L^{4.4867}\times10^{-6}$$

の実験式で表わされる

14. 生殖腺の成熟は，雌よりも雄の方が早い。この時期の相違が雌雄の成長度の差異を生ずる1原因と考えられる。

15. 体長94～115 mm，平均101 mm の魚の平均精子数は約6億個体である。

文　　献

1）阿部　圭，1935：鰌の養殖法．大日本水産会，東京．
2）藤田　正・宇野　寛・八柳健郎・久保田善二郎，1948：脳下垂体ホルモンに依るドジョウの採卵に就いて．日水誌，13(6)．
3）川村智治郎，1944 a：鰌の採卵法と稲田放養．

4) ————, 1944 b：鰌類放養の基礎的研究.
5) ————・本永妙子, 1944 c：鰌の発生と飼育.
6) ————・————, 1950：シマドジョウに於ける人工排卵について. 魚雑, **1** (1).
7) 小林彦四郎, 1922：台湾産鰌の発生に就いて. 水研誌, **17**(6).
8) 小林　弘・山林　勇, 1957：ドジョウの放卵促進に及ぼす同種ドジョウの脳下垂体の影響. 魚雑, **6** (4, 5, 6).
9) 久保田善二郎, 1953 a：ドジョウ卵巣の成熟過程. 第2報, タンニン酸のホルモンに対する協働効果作用. 日水誌, **18**(11).
10) ————, 1953 b：ドジョウ卵巣の成熟過程. 第3報, ホルモン添加飼料による卵巣の成熟促進. 本報告, **3** (2).
11) ————, 1961 a：ドジョウの形態学的研究—III. 雌雄による形態的差異 (2). 本報告, **11** (1).
12) ————, 1961 b：ドジョウの生態に関する研究—IV. 成長度および肥満度について. 本報告, **11**(1).
13) ————, 1961 c：ドジョウの増殖に関する研究—III. 精子の保存について. 本報告, **11**(1).
14) 松井　魁, 1941：養殖生物の成長度の研究. 第2報, 鼈の成長に就いて. 水研誌, **36**(11).
15) ————, 1942：養殖魚類の成長度の研究. 第4報, 鯉及び鮒の年令と体長, 体重との関係. 水研誌, **37** (9).
16) MINAMORI, S., 1950：Isolating mechanisms in the striated spinous loach, *Cobitis taenia striata*. *Jour. Sci. Hiroshima Univ.*, Ser. B, Div. 1, **11**(7).
17) 中村秀也, 1935：日本魚類の産卵期表. 水研誌, **30**(5).
18) 西川昇平・久保田善二郎, 1957：ドジョウに見られた精巣卵. 採集と飼育, **19**(12).
19) ————・————, 1959：ドジョウの精巣における生殖細胞の季節的変化. 染色体, **41**.
20) 岡田弥一郎・中村守純, 1950：日本の淡水魚類. 日本出版社, 大阪.
21) 大島正満, 1940：魚. 三省堂, 東京.
22) 鈴木　亮, 1955：シマドジョウの雌雄同体とマドジョウとの交雑について. 動雑, **64**(7).
23) 田中小治郎, 1948 a：食用蛙の脳下垂体ホルモンに依る鰌の排卵促進. 香川水誌報.
24) ————, 1948 b：二種のホルモンの協働作用に依る鰌の排卵促進. 香川水試報.
25) 内田恵太郎, 1939：朝鮮魚類誌. 第一冊, 絲顎類, 内顎類.
26) 渡辺正雄・小畑伸治・松木章, 1948：各種脳下垂体前葉ホルモンに依る鯑の排卵促進効果1. 鮒及び食用蛙の脳下垂体並にヒポホリン. 資源研彙報, (11).
27) ————・山田曙美・松原久十郎, 1950：各種脳下垂体前葉ホルモンに依る魚類の排卵促進効果(2). 鮭鱒. カナヘビ・青大将・プレホルモン. 日水誌, **15**(12).
28) 山口県水産指導所, 1947：鰌増産の実際. 山口水指特輯, **46**.

ドジョウの生態に関する研究—Ⅳ.

成長度および肥満度について※

久保田善二郎

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)—Ⅳ. Growth and Fatness※

By

Zenziro KUBOTA

There were many reports in which the growth pattern of this fish was studied, but most of them were in failure because the culturing days were too short to make the pattern clear in detail, against its special importance in the culturing. Paying special attention to this point, the author planned a long culturing and found the inclination of the growth pattern of each of female and male and their changes with the seasons. The results are shown in the below.

1) Each group of the frys collected from the River Nagata and those hatched out through the artificial breeding (by Kawamura's method) were cultured continu ously as long as 5 years and a month, and the details of the growth of the loach of these groups are compared with those living in the natural environment.

2) The relation in the logarithmic representation of the body length or body weight of the female loach to the duration of time after hatched out can be expressed by the extension of the line observable during the immature stage, but those of the male are by the line branched off from the above-mentioned line at the point 9 to 10 months after hatched out and 90 mm in body length.

3) Body length (L mm) at respective months after hatched out (x months) can be represented by the following experimental equations:

Female : $L=51.821\ X^{0.2524}$

Male : $L=65.766\ X^{0.1420}$

4) But the body weight (W g) of the cultured loach at respective months after hatched are as follows :

Female : $W=1.0086\ X^{0.7462}$

※ 水産講習所研究業績　第336号，1961年6月26日 受理.
Contrbuion from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 336.
Received June 26, 1961.

Male : $W=1.8994\ X^{0.4660}$

5）So far as the present investigation goes, no significant differences in growth rate can be admitted between the loach cultured and those obtained from natural environment.

6）The coefficients of variation of the body length and body weight of the cultured loach are very small, and moreover they are invariable regardless of the stage in the course of the growth.

7）The body weight（W g）at respective body length（L cm）can be represented by the following experimental equation:

$$W=0.00887\ L^{2.9957}$$

8）No significant difference in fatness can be admitted between both sexes and also between age groups.

9）The seasonal variation of the fatness is thought to be dependant on the amount of foods taken and on the degree of development of gonad.

10）The loach collected from the natural environment shows the severer seasonal variation of fatness than that cultured in the pond.

ま え が き

ドジョウの絶対成長については，かなり多くの研究報告および記載がある。すなわち滋賀県水産試験場（1922）は孵化直後の仔魚を90日間飼育し，孵化後30日で体長が34 mm，60日で36 mmそして実験終了日では42 mmになることを報告した。ついで同場（1324）は，1922年5月11日に116 m²（35坪）の水田へ平均体長85 mm，同重量3.3 gの魚を1750尾，5775 gを放養し，1923年8月5日，つまり1年4カ月後に平均体長133 mm，同重量12.0gのものを1310尾，14026gを取揚げた。長田（1933）は1932年6月20日，331 m²（100坪）の水田に平均体長79 mm，同体重2.4gのもの15384尾，重さ37500gを放養し，その年の9月26日から10月23日までの間に平均体長109 mm，同重量7.3gのもの10846尾，重さで98930gを収納した。岡山（1937）は孵化後14～15日で体長が1.2～1.5 cm，2カ月位では3.3～6.6 cm，内田（1939）は孵化直後の仔魚は全長4.0 mm，孵化後4日で4.4～4.6 mm，10日で5.3 mm，畑（1943）は孵化後2週間で体長が1.5 cm，2カ月位で3～6 cm，青木（1944）は1カ月で体長3 cm，年内までには9 cm，川村（1944）は6月中なら20日間で3 cm位に成長することをそれぞれ報告した。山口県水産指導所（1946）は川村の方法で人工採苗した仔魚を1946年6月15日に1351尾を6.6 m²（2坪）の池へ放養して無投餌の状態で放置し，10月14日に体長6.6～9.3 cmのもの18尾を取揚げ，また同所（1947）は人工孵化後2日目の仔魚を1947年7月15日に6.6m²（2坪）の池へ300尾を放養し，隔日に米糠，蛹，魚の臓物を煮て与え，46日間飼育後，平均全長1.99 cmのもの99尾を得た。三重県水産試験場川越分場（1947）は同方法で人工採苗した仔魚を縦91 cm，横91 cm，深さ18 cmの池で56日間飼育し，体長が19.8 mmから34.9 mm，また田中（1948）は同様な方法で人工孵化した仔魚を52日間飼育し，全長が54.2 mmから57.0 mmにそれぞれ達した。谷本（1948）は，孵化後1カ月では体長が31 mm，6カ月では58 mm，1年では77 mm，1年6カ月では136 mmに達したと記している。

上述したように，従来行なわれて来た研究結果では，ドジョウの絶対成長は不明である。これは大多数の記録が短期間の飼育によるもので，長期間にわたって成長の傾向を詳細にしらべた報告がないからである。著者はこの点に着目し，天然魚の成長度をしらべるとともに，孵化直後の仔魚を種苗として5年1カ月間にわたって飼育することにより時期別，雌雄別の成長傾向を知ることができた。

本文に入るに先立ち，御校閲を賜わった京都大学教授松原喜代松博士ならびに終始御指導を仰いだ本所教

授松井魁博士に感謝の意を表する。

実験の材料および方法

A. 成　長　度

天然魚：供試魚は1952年7月から1953年7月にわたる間，下関市吉見町永田川附近で採捕し，10%ホルマリン溶液で固定した種苗を使用した。研究方法は鱗によって年令を査定し，3輪群以上の高年魚は輪数と年令とが必ずしも一致しないから（久保田，1960）これらを除去し，2輪群以下の個体のみについて，孵化後の経過期間と体長および体重との関係をしらべた。なお永田川におけるドジョウの産卵盛期は6月下旬から7月上旬の間であるから，孵化後の経過期間は，孵化日を7月1日と仮定して算定した。

飼育魚：A群の供試種苗は，永田川産ドジョウを親魚として，川村の方法で採卵，1954年6月18日に孵化し，2日間ガラス水槽内に収容した全長約4 mmの仔魚25尾である。またB群は，1954年6月30日に永田川で採捕した体長10〜24 mm，平均15 mm，平均体重0.12 gの稚魚を他の実験目的のため1955年7月27日まで，下記の養魚池で飼育したうちから雌と雄，それぞれ9尾を選んで使用した。

実験池はコンクリートでかためたもので，長さ190.5 cm，巾92 cmあり，底部は排水口に向って約4 cm傾斜し，その排水口に隣接して直径35 cm，深さ6 cmの魚溜りを有する水産講習所の養魚池で，両実験とも1面あてを使用した。餌料は1954年6月20日から7月27日までは，他の池でタマミジンコ *Moina macrocopa* およびゾウミジンコ *Bosmina longirostris* を大量に発生させ，それをネットで濃収したものを，またそれ以後では蚕蛹粉と米糠とを乾燥重量比2：1の割合に混じて煮沸したものをそれぞれ与えた。投餌は毎日午前10時頃1回行ない，その量は1954年度では於養魚体重量の1/10，また1955，'56，'57および'58の各年度には1/20，さらに1959年度では1/25である。投餌期間は1954年度では6月20日から11月13日までの147日間，1955年度は4月20日から11月7日までの202日間，1956年度は4月18日から10月18日までの184日間，1957年度は4月16日から10月9日までの177日間，1958年度は9月2日から11月7日までの67日間で短く，1959年度は4月14日から7月24日までの102日間で，それらの総投餌期間は879日間である。体長および体重の測定は1954年，'55年，'56年および'57年の各投餌期間においては約1カ月ごとに，それ以後は不定期的に全個体について実施した。

B. 肥　満　度

供試魚は天然魚については1952年7月から1953年7月にわたって永田川で採捕し，10%ホルマリン溶液で固定した雄103尾，雌144尾，合計247尾の標本を使用した。また飼育魚については，上述の成長度の場合と同一である。

肥満度（F）は次式で求めた。

すなわち　$F=W/L^3\times1000$

Wは体重，Lは体長である。

実　験　結　果

A. 成　長　度

a. 天　然　魚

孵化後の経過期間と体長との関係を第1表および第1図に示した。すなわち，両者の関係は連続するS字

Table 1. Relation between average body length and the estimated months after hatched out in loach collected from the River Nagata, Yamaguchi Pref.

Date surveyed	Estimated months after hatched out	Number of individuals examined			Body length (mm)					
					Sex uncertain		♀		♂	
		Sex uncertain	♀	♂	M	σ	M	σ	M	σ
Aug. 1, '52	1	5			55.50 ±3.10	10.30 ±2.19				
Sept. 1, '52	2		7	7			66.05 ±2.01	7.90 ±1.42	67.50 ±1.92	7.55 ±1.35
Sept. 30, '52	3		1	3			76.70		69.15 ±5.10	13.10 ±3.60
Oct. 30, '52	4		8	9			75.00 ±2.38	10.00 ±1.68	72.50 ±2.30	10.25 ±1.75
Dec. 1, '52	5		2	5			73.00		65.50 ±5.36	17.75 ±3.78
Apr. 3, '53	9		14	18			73.20 ±1.47	8.20 ±1.04	72.50 ±1.18	7.45 ±0.83
May 17, '53	10		10	7			80.50 ±2.66	12.50 ±1.88	79.65 ±3.69	13.45 ±2.42
June 3, '53	11		7	3			87.50 ±1.51	5.95 ±1.07	89.15 ±5.10	13.10 ±3.61
July 8, '53	12		4	7			103.75 ±2.19	6.50 ±1.54	96.80 ±2.19	8.60 ±1.54
Aug. 1} Sept. 1} '52	13～14		17	23			106.05 ±1.29	7.95 ±0.91	98.70 ±0.99	7.10 ±0.70
May 17} June 3} '53	22～23		5	4			121.50 ±4.51	14.95 ±3.19	107.50 ±3.57	10.60 ±2.52

Abbreviations : M, mean ; σ, standard deviation.

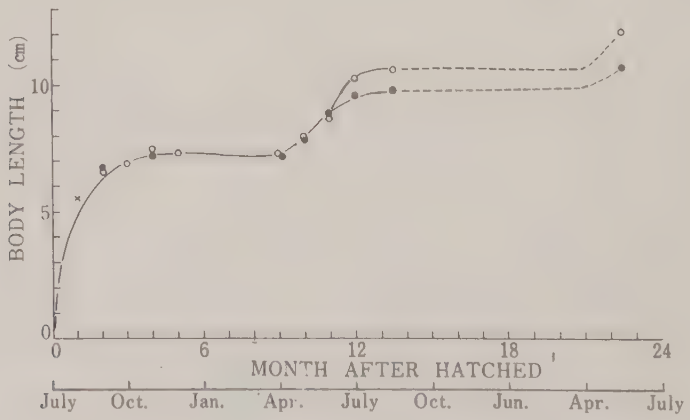

Fig. 1. Growth curves of body length in loaches collected from the River Nagata.
Note : ○, female ; ●, male ; ×, sex uncertain.

型曲線で示され，体長は孵化後３カ月目に69 mm，９カ月目に72〜73 mm，12カ月目に雌104 mm，雄97 mm，13〜14カ月目に同じく106 mmと99 mm，22〜23カ月目に121 mmと108 mmになる。体長の増加は，孵化してから最初の１カ月間は著しく大きいが，漸次小さくなって３カ月目（10月）から９カ月目（翌年４月）までの６カ月間では停止し，９カ月目から13〜14カ月目（８〜９月）までの４カ月間で再び大きくなり，それ以後は停止する。つまり，体長は春季から夏季にかけて増加し，秋季および冬季には増減しない。体長の増加量は孵化してから３カ月間に約65 mm，９カ月から13カ月までの５カ月間に約30 mmで，前者の期間における方が後者におけるよりも大きい。雌と雄の体長は，孵化後１カ月目まではほぼ同一であるが，12カ月目から差異を生じ，それ以後では雌の方が雄よりも大きくなる。

孵化後の経過期間と体重との関係は第２表および第２図に示す通りである。両者の関係は，体長の場合と

Table 2. Relation between average body weight and the estimated months after hatched out in loach collected from the River Nagata.

Date surveyed	Estimated months after hatched out	Number of individuals examined			Body weight (g)					
					Sex uncertain		♀		♂	
		Sex uncertain	♀	♂	M	σ	M	σ	M	σ
Aug. 1, '52	1	5			1.85 ±0.16	0.54 ±0.11				
Sept. 1, '52	2		7	7			2.97 ±0.18	0.75 ±0.13	3.11 ±0.27	1.09 ±0.19
Sept. 30, '52	3		1	3			4.10		3.09 ±0.72	1.88 ±0.51
Oct. 30, '52	4		8	9			3.43 ±0.28	1.19 ±0.20	3.31 ±0.26	1.18 ±0.18
Dec. 1, '52	5		2	5			3.25 ±0.23	0.50 ±0.16	2.95 ±0.49	1.63 ±0.34
Apr. 3, '53	9		14	18			2.68 ±0.10	0.55 ±0.07	2.53 ±0.14	0.91 ±0.10
May 17, '53	10		10	7			4.10 ±0.29	1.41 ±0.21	3.92 ±0.51	1.89 ±0.34
June 3, '53	11		7	3			5.47 ±0.44	1.76 ±0.31	5.48 ±1.01	2.62 ±0.72
July 8, '53	12		4	7			10.75 ±0.49	1.48 ±0.35	9.22 ±0.71	2.81 ±0.50
Aug. 1, Sept. 1 '52	13〜14		17	23			12.68 ±0.60	3.71 ±0.42	11.33 ±0.26	1.91 ±0.18
May 17, June 3 '53	22〜23		5	4			13.10 ±1.08	3.61 ±0.77	10.75 ±1.09	3.27 ±0.77

For abbreviations, see Table 1.

同様にＳ字型曲線で示され，体重は孵化時から４カ月目（10月下旬）にかけて増加し，同期では3.4 gであるが，それ以後減少し，９カ月目（４月）では2.5〜2.7 gとなる。さらにそれ以後，14カ月目（９月）までは著しく増加し，12カ月目（７月）では雌10.8 g，雄9.2 g，14カ月目には雌12.7 g，雄11.3 gに達する。つまり体重は春季および夏季に増加し冬季に減少する。増重量は孵化してから４カ月目までの間では，約3.3〜3.4 g，９カ月目から14カ月目までの間では約10 gであって，後者の期間における方が，前者の期間におけるよりも大きい。このことは体長の場合と相反する。雌と雄の体重は，体長の場合と同様に孵化後11カ月目まではほぼ同一であるが，12カ月目以後では差異を生じ，前者の方が後者よりも重くなる。

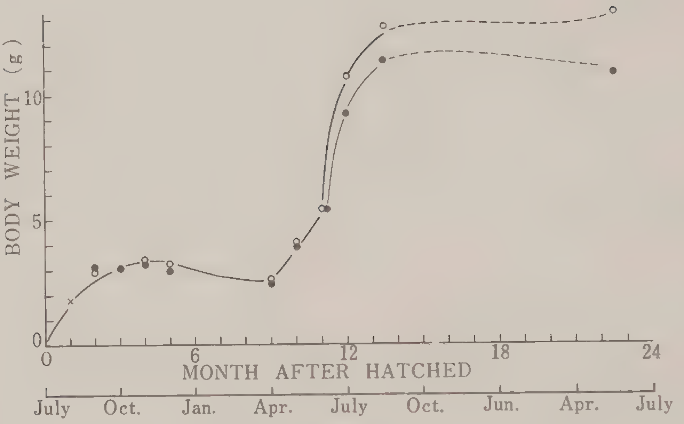

Fig. 2. Growth curves of body weight in loaches collected from the River Nagata.

Notes are the same as those of Fig. 1.

b．飼　育　魚

Ⅰ．A群の結果

孵化後の経過期間と飼育魚の尾数および重量との関係を示したのが第3表である。そのうち，尾数は実験開始時には全長約4mmの仔魚25尾であったが，孵化後45日目，つまり放養後43日目には17尾（残存率68%）になり，孵化後4カ月目にそれらの魚の性をしらべたところ，雄6尾に対して雌11尾，性比はそれぞれ35.3%と64.7%で，雌の方が雄よりも多く出現した。その後尾数の減耗は約2年間なかったが，孵化後26カ月目に当る1956年8月17日に，雄2尾，雌1尾が池から逃亡した。その原因は当日が第9号台風で，水道栓が破壊され，水が池から溢れ出たためである。さらにそれ以後2年間は皆無であったが，孵化後59カ月目に当る1959年5月30日に雌が1尾死亡した。その原因は左体側に肉腫を生じたためと思われる。

一方，魚体重量は1カ年で122.7g，2カ年で161.4g，3カ年で196.9g，約4カ年で209.6g，約5カ年で212.3gとなり若年魚ほど増重量は多い。

孵化後の経過期間と個体の平均体長との関係を第4表および第3図に示した。両者の関係はさきの永田川の場合と同様に連続するS字型曲線で表わされ，体長は孵化した年では夏季に，その他の年では春季から夏季にかけて伸長し，秋季および冬季には増減せず，また，飼育期間が増すに伴って波の振巾は小さくなる。

雌と雄の体長は孵化後8カ月まではほほ同一であるが，12カ月目では，雌の方が大きく，それ以後，両者間の差異は拡大する。すなわち孵化後12カ月目では，雌は103mm，雄は91mm，24カ月目には同じく118mmと105mm，36カ月目には129mmと112mm，53カ月目には136mmと115mm，実験終了時の61カ月目には，141mmと116mmになった。

放養時の体長をl_0，取揚時をl_1とし，体長の伸長率$l=\{(l_1-l_0)/l_0\}\times100$を，魚の孵化後の各年別に求めると，雌では，1年2480，2年15，3年9，4年5，5年4，また，雄では1年2180，2年15，3年7，4年3，5年1で孵化後の期間が増すに伴って体長の伸長率は小さくなる。

孵化後の経過期間（X月）と体長（L mm）との関係を対数グラフで示すと直線になり，雌は未成魚期における線を延長したものであるが，雄は，孵化後9～10カ月目，体長約90mmで，雌の線から派生的な直線を形成する（第4図）。

Table 3. Relation between total body weight (g) and the days or months after hatched out in loach culturing (Group A).

Date examined	Time after hatched out	Number				Total weight (g)			
		Sex uncertain	♀	♂	Total	Sex uncertain	♀	♂	Total
Aug. 2, '54	45 days	17			17	16.4			16.4
Aug. 25, '54	68 〃	〃			〃	33.9			33.9
Sept. 14, '54	88 〃	〃			〃	40.6			40.6
Oct. 4, '54	108 〃	〃			〃	48.8			48.8
Oct. 24, '54	4 months		11	6	〃		34.6	17.9	52.5
Nov. 13, '54	5 〃		〃	〃	〃		33.4	18.3	51.7
Feb. 4, '55	8 〃		〃	〃	〃		33.4	17.4	50.8
June 27, '55	12 〃		〃	〃	〃		89.3	33.4	122.7
July 28, '55	13 〃		〃	〃	〃		87.4	37.1	124.5
Aug. 26, '55	14 〃		〃	〃	〃		103.1	42.4	145.5
Sept. 27, '55	15 〃		〃	〃	〃		101.6	42.0	143.6
Nov. 7, '55	17 〃		〃	〃	〃		101.8	42.5	144.3
Apr. 16, '56	22 〃		〃	〃	〃		96.9	38.7	135.6
May 11, '56	23 〃		〃	〃	〃		110.7	44.2	154.9
June 11, '56	24 〃		〃	〃	〃		118.2	43.2	161.4
July 11, '56	25 〃		〃	〃	〃		136.0	48.6	184.6
Aug. 11, '56	26 〃		〃	〃	〃		131.5	50.2	181.7
Sept. 12, '56	27 〃		10	4	14		127.6	36.8	164.4
Oct. 19, '56	28 〃		〃	〃	〃		125.3	35.7	161.0
Apr. 11, '57	34 〃		〃	〃	〃		140.9	38.4	179.3
May 11, '57	35 〃		〃	〃	〃		144.7	36.0	180.7
June 12, '57	36 〃		〃	〃	〃		156.4	40.5	196.9
July 13, '57	37 〃		〃	〃	〃		162.3	41.7	204.0
Aug. 16, '57	38 〃		〃	〃	〃		163.3	43.4	206.7
Oct. 9, '57	39 〃		〃	〃	〃		162.1	44.8	206.9
Nov. 7, '58	53 〃		〃	〃	〃		165.5	44.1	206.6
Apr. 14, '59	58 〃		〃	〃	〃		167.4	45.1	212.5
May 30, '59	59 〃		9	〃	13		159.8	40.7	200.5
July 24, '59	61 〃		〃	〃	〃		169.3	43.0	212.3

実験式は

雌では　$L=51.821X^{0.2524}$

雄では　$F=65.766X^{0.1420}$

で表わされる。

孵化後各発育段階（久保田，1960）に達するまでに要する期間を求めると，孵化後45日では体長が約50 mmで，すでに未成魚期となっており雄の胸鰭第2鰭条の基部に骨質薄板 lamina circularis が形成され始め（久保田，1961 a）4カ月目では75～77 mmで性別は魚の形態の相違から容易に判別することができ，9～10カ月目，すなわち翌年の4月頃には80 mmに達し成魚期に入る。

次に孵化後の経過期間と魚の平均体重との関係を第5表および第5図に示した。両者の関係は連続的なS字型曲線で示され，体重は孵化した年では夏季に，それ以後の各年では春季と夏季に増加し，冬季には減少する。したがって冬季に増減しない体長の場合と比べて，多少形の相違した曲線となる。雌と雄の体重は，孵化後8カ月まではほぼ同一であるが，孵化後12カ月目では8.2gと5.6gで差異を生じ，24カ月目には10.8g

Table 4. Relation between average body length (mm) and the days or months after hatched out in loach culturing (Group A).

Date examined	Time after hatched out	Sex uncertain			♀			♂		
		M	σ	C	M	σ	C	M	σ	C
Aug. 2, '54	45 days	50.44±0.32	1.98±0.22	3.93±0.45						
Aug. 25, '54	68 〃	65.26±0.59	3.66±0.41	5.61±0.65						
Sept. 14, '54	88 〃	69.91±0.45	2.78±0.31	3.98±0.45						
Oct. 4, '54	108 〃	73.68±0.59	3.66±0.41	4.97±0.57						
Oct. 24, '54	4 months				77.63±0.68	3.40±0.49	4.38±0.62	75.00±0.51	1.89±0.37	2.52±0.48
Nov. 13, '54	5 〃				79.23±0.77	3.82±0.65	4.82±0.68	75.33±0.94	3.43±0.66	4.55±0.88
Feb. 4, '55	8 〃				76.23±0.89	4.37±0.62	5.73±0.82	74.34±0.85	3.12±0.60	4.20±0.81
June 27, '55	12 〃				102.82±0.45	2.27±0.32	2.21±0.31	90.66±0.58	2.14±0.41	2.36±0.45
July 28, '55	13 〃				105.00±0.82	4.08±0.58	3.89±0.55	95.00±1.09	4.00±0.77	4.21±0.81
Aug. 26, '55	14 〃				109.72±0.73	3.64±0.51	3.32±0.47	97.66±1.40	5.12±0.99	5.24±1.01
Sept. 27, '55	15 〃				110.82±0.67	3.34±0.47	3.01±0.43	98.00±1.03	3.78±0.73	3.86±0.74
Nov. 7, '55	17 〃				111.54±0.71	3.52±0.50	3.16±0.45	99.66±1.37	4.98±0.96	5.00±0.97
Apr. 16, '56	22 〃				111.54±0.73	3.62±0.51	3.25±0.46	99.00±1.30	4.74±0.91	4.79±0.93
May 11, '56	23 〃				112.64±0.95	4.72±0.67	4.19±0.60	95.66±1.08	3.94±0.76	4.12±0.80
June 11, '56	24 〃				118.28±0.75	3.74±0.53	3.16±0.45	105.34±0.97	3.54±0.68	3.36±0.65
July 11, '56	25 〃				121.54±0.82	4.08±0.58	3.36±0.47	106.66±0.91	3.34±0.64	3.13±0.60
Aug. 11, '56	26 〃				120.64±0.94	4.64±0.66	3.85±0.55	106.00±0.76	3.76±0.53	2.60±0.50
Sept. 12, '56	27 〃				122.80±1.01	4.76±0.71	3.88±0.58	108.00±1.11	3.30±0.78	3.06±0.72
Oct. 19, '56	28 〃				124.00±1.01	4.74±0.71	3.82±0.57	108.50±1.37	4.08±0.97	3.76±0.89
Apr. 11, '57	34 〃				125.00±1.03	4.88±0.73	3.90±0.58	107.50±0.73	2.18±0.51	2.03±0.47
May 11, '57	35 〃				125.80±0.83	3.92±0.59	3.12±0.47	109.50±1.68	4.98±1.19	4.55±1.08
June 12, '57	36 〃				128.60±1.04	4.88±0.74	3.79±0.57	111.50±1.30	3.84±0.91	3.44±0.82
July 13, '57	37 〃				128.20±0.69	3.25±0.49	2.54±0.38	112.50±0.88	2.60±0.61	2.31±0.55
Aug. 16, '57	38 〃				129.60±1.14	5.37±0.81	4.14±0.63	112.00±1.01	3.00±0.71	2.68±0.64
Oct. 9, '57	39 〃				132.80±1.09	5.10±0.77	3.84±0.58	112.50±2.10	6.23±1.48	5.54±1.32
Nov. 7, '58	53 〃				135.80±0.81	3.82±0.58	2.81±0.42	115.00±1.58	4.69±1.12	4.08±0.97
Apr. 14, '59	58 〃				138.00±0.89	4.15±0.63	3.01±0.45	115.00±0.94	2.80±0.67	2.43±0.58
May 30, '59	59 〃				136.95±0.66	2.95±0.47	2.15±0.34	115.00±0.94	2.80±0.67	2.43±0.58
July 24, '59	61 〃				140.80±0.84	5.30±0.84	3.76±0.84	116.25±1.40	4.15±0.99	3.57±0.85

Abbreviations : M, mean ; σ, standard deviation ; C, coefficient of variation.

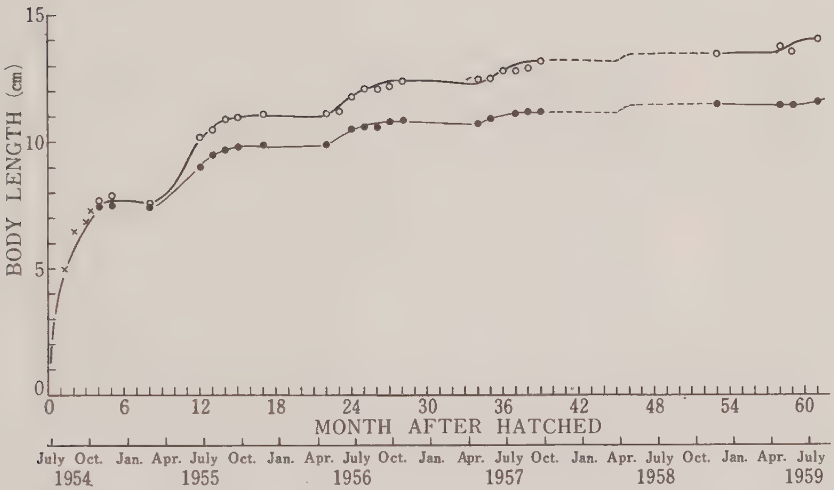

Fig. 3. Growth curves of body length in a group of culturing fish (Group A).
Notes are the same as those of Fig. 1.

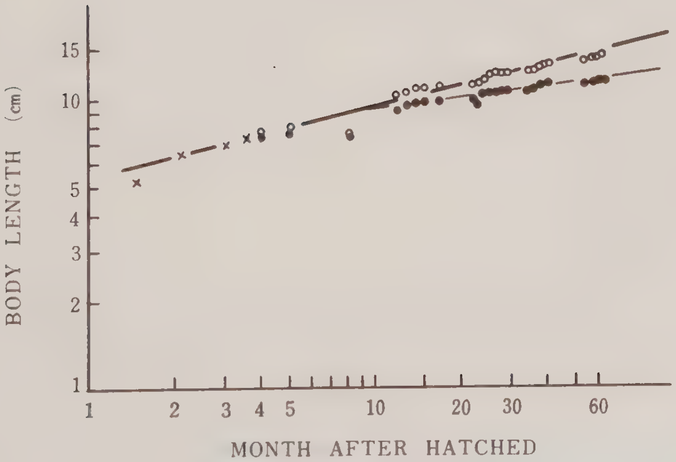

Fig. 4. Growth of body length in a group of culturing fish (Group A).
Note : ○, female ; ●, male ; ×, sex uncertain.

Table 5. Relation between average body weight (g) and the days or months after hatched out in loach culturing (Group A).

Date examined	Time after hatched out	Sex uncertain			♀			♂		
		M	σ	C	M	σ	C	M	σ	C
Aug. 2, '54	45 days	1.02±0.02	0.11±0.01	9.86±1.13						
Aug. 25, '54	68 〃	2.04±0.01	0.20±0.02	9.69±1.11						
Sept. 14, '54	88 〃	2.43±0.03	0.30±0.03	12.42±1.44						
Oct. 4, '54	108 〃	2.92±0.08	0.51±0.06	17.53±2.08						
Oct. 24, '54	4 months				3.20±0.10	0.47±0.07	14.67±2.08	3.03±0.06	0.21±0.04	6.96±1.35
Nov. 13, '54	5 〃				3.20±0.10	0.50±0.02	15.80±2.14	3.10±0.11	0.38±0.07	12.29±2.41
Feb. 4, '55	8 〃				3.09±0.08	0.41±0.06	13.33±2.30	2.95±0.08	0.28±0.05	9.56±1.86
June 27, '55	12 〃				8.17±0.24	1.16±0.17	14.24±1.93	5.60±0.10	0.38±0.07	6.75±1.31
July 28, '55	13 〃				8.01±0.20	0.99±0.14	12.31±2.08	6.27±0.12	0.44±0.08	6.99±1.36
Aug. 26, '55	14 〃				8.77±0.19	0.92±0.13	10.47±1.78	7.13±0.22	0.79±0.15	11.13±2.16
Sept. 27, '55	15 〃				9.37±0.18	0.86±0.12	9.20±1.50	7.07±0.22	0.79±0.15	11.12±2.16
Nov. 7, '55	17 〃				9.31±0.20	0.96±0.14	10.35±1.32	7.17±0.16	0.69±0.12	8.72±1.61
Apr. 16, '56	22 〃				8.86±0.18	0.89±0.13	10.00±1.63	6.50±0.17	0.63±0.12	9.72±1.89
May 11, '56	23 〃				10.14±0.23	1.11±0.16	10.99±1.43	7.43±0.14	0.52±0.10	7.05±1.36
June 11, '56	24 〃				10.77±0.18	0.91±0.13	8.41±1.57	7.27±0.09	0.31±0.06	4.32±0.83
July 11, '56	25 〃				11.53±0.32	1.55±0.22	13.45±1.20	8.20±0.16	0.58±0.11	7.12±1.38
Aug. 11, '56	26 〃				12.01±0.29	1.41±0.20	11.71±1.94	8.43±0.14	0.52±0.10	6.21±1.20
Sept. 12, '56	27 〃				12.76±0.33	1.56±0.24	12.26±1.69	9.25±0.24	0.71±0.17	7.70±1.82
Oct. 19, '56	28 〃				12.70±0.31	1.46±0.22	11.53±1.86	9.00±0.26	0.78±0.18	8.64±2.05
Apr. 11, '57	34 〃				14.16±0.43	2.03±0.31	14.32±1.73	9.65±0.32	0.94±0.22	9.76±2.32
May 11, '57	35 〃				15.00±0.46	2.14±0.32	14.27±2.19	11.00±0.28	0.83±0.20	7.55±1.80
June 12, '57	36 〃				15.90±0.44	2.09±0.31	13.11±2.01	12.25±0.18	0.56±0.13	4.57±1.09
July 13, '57	37 〃				16.30±0.45	2.12±0.32	12.98±1.98	12.50±0.30	0.90±0.21	7.20±1.72
Aug. 16, '57	38 〃				16.35±0.40	1.86±0.28	11.35±1.73	12.88±0.30	0.90±0.21	6.95±1.66
Oct. 9, '57	39 〃				16.25±0.38	1.81±0.27	11.11±1.69	13.25±0.40	1.18±0.28	8.87±2.11
Nov. 7, '58	53 〃				16.95±0.34	1.58±0.24	9.32±1.41	11.13±0.32	0.96±0.23	8.64±2.06
Apr. 14, '59	58 〃				16.90±0.35	1.62±0.24	9.59±1.45	11.25±0.28	0.83±0.20	7.38±1.76
May 30, '59	59 〃				17.61±0.34	1.53±0.24	8.69±1.38	11.25±0.28	0.83±0.21	8.10±1.93
July 24, '59	61 〃				18.95±0.32	1.42±0.23	7.49±1.19	11.06±0.29	0.87±0.21	7.91±1.89

Note : The same abbreviations as in Table 4 are also adopted.

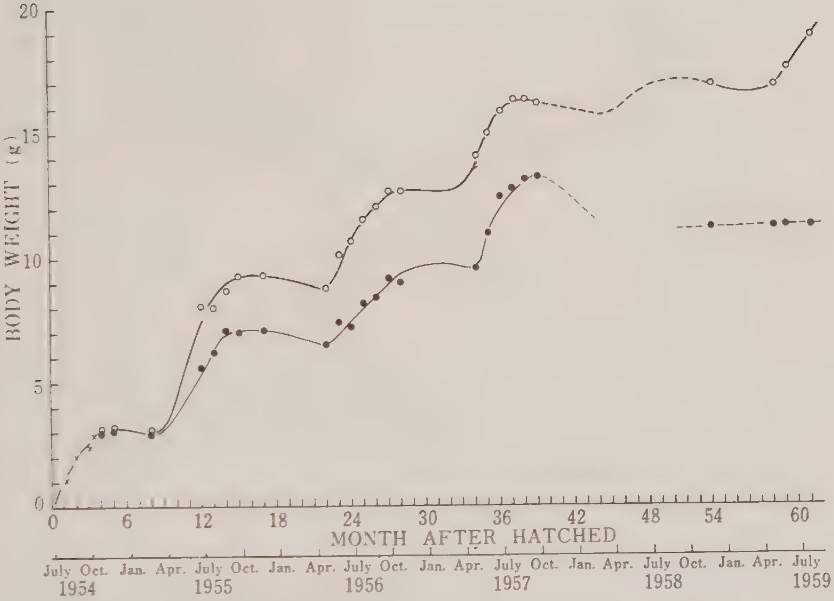

Fig. 5. Growth curves of body weight in a group of culturing fish (Group A).
Notes are the same as those of Fig. 1.

と7.3g，36カ月目には15.9gと12.3g，53カ月目には16.9gと11.1g，実験終了時の61カ月目では19.0gと11.0gで，時間の経過に伴ってその差異は増大する。

放養時の体重をw_0、取揚時のそれをw_1とし、増重倍率$BW=\{(w_1-w_0)/w_0\}\times 100$を魚の年令別に求めると、雌では1年で700（1954年8月2日から1955年7月28日まで），2年で50，3年で36，4年で4，5年で12、また雄では1年で530，2年で33，3年で54，4年で14，5年で0.1で，体長の場合と同様に，孵化後の期間が増すに伴って増重倍率は小さくなる傾向がある。

孵化後の経過期間（X月）と体重（Wg）との関係を対数グラフで示すと直線となり，体長の場合と同様に、雌の線は未成魚期における線を延長したものであるが、雄は孵化後9～10カ月目，体重5.5gで雌の線から派生的な直線を形成する（第6図）。

両者の関係式は

雌では　$W=1.0086X^{0.7462}$

雄では　$W=1.8994X^{0.4660}$

で表わされる。

体長および体重の変異係数は，前者では2～6，後者では雌で7～16，雄で4～12で，いずれも小さく，しかも成長に伴って変化しない。

Ⅱ．B群の結果

孵化後の経過期間と飼育魚の尾数および重量を第6表に示した。尾数は実験開始時には雌雄それぞれ9尾，合計18尾であったが，それから2年後の1957年8月16日に雌1尾，それからさらに1年3カ月後に雌と雄が各2尾，実験終了日に雄1尾が病死し，雌と雄各6尾，合計12尾が残存した。実験期間中における魚の残存率は71％である。

魚体重量は実験開始時には，雌82.1g，雄65.0g，合計147.1g，それから1年後の1956年7月11日には，

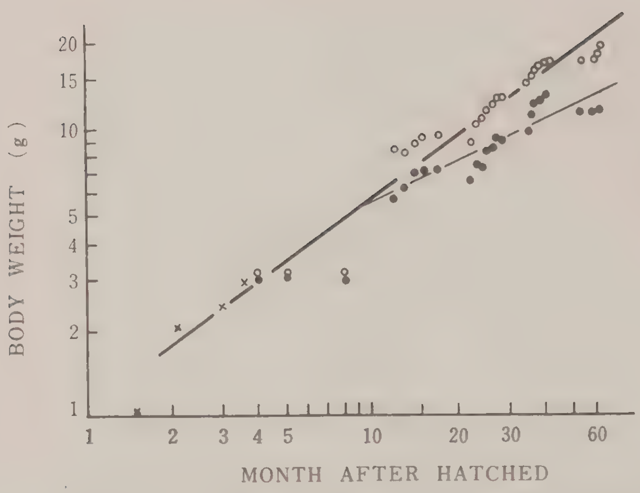

Fig. 6. Growth of body weight in a group of culturing fish (Group A).
Notes are the same as those of Fig. 1.

Table 6. Relation between total body weight (g) and the months after hatched out in loach culturing (Group B).

Date examined	Time after hatched (months)	Number			Total weight (g)		
		♀	♂	Total	♀	♂	Total
July 28, '55	13	9	9	18	82.1	65.0	147.1
Aug. 26, '55	14	〃	〃	〃	103.8	85.0	188.8
Sept. 27, '55	15	〃	〃	〃	117.5	78.8	196.3
Nov. 7, '55	17	〃	〃	〃	121.7	82.9	204.6
Apr. 16, '56	22	〃	〃	〃	143.4	90.8	234.2
May 11, '56	23	〃	〃	〃	148.9	88.6	237.5
June 11, '56	24	〃	〃	〃	150.2	90.4	240.6
July 11, '56	25	〃	〃	〃	162.8	97.1	259.9
Aug. 11, '56	26	〃	〃	〃	153.1	91.4	244.5
Sept. 12, '56	27	〃	〃	〃	148.3	99.5	248.2
Oct. 19, '56	28	〃	〃	〃	144.2	97.2	241.4
Apr. 11, '57	34	〃	〃	〃	153.6	103.0	256.6
May 11, '57	35	〃	〃	〃	167.1	99.8	260.9
June 12, '57	36	〃	〃	〃	180.3	109.1	289.4
July 13, '57	37	〃	〃	〃	194.1	112.4	306.5
Aug. 16, '57	38	8	〃	17	168.1	110.7	278.8
Oct. 9, '57	39	〃	〃	〃	176.6	129.0	305.6
Nov. 7, '58	53	6	7	13	117.4	87.3	204.7
Apr. 14, '59	58	〃	〃	〃	131.0	91.7	222.7
May 30, '59	59	〃	〃	〃	145.3	96.1	241.4
July 24, '59	61	6	6	12	136.3	81.1	217.4

雌162.8 g，雄97.1 g，合計259.9 g，さらに1年後の1957年7月13日には雌194.1 g，雄112.4 g，合計306.5 gとなり，全飼育期間中で最高密度に達した。しかし，それ以後は，魚の尾数の減耗に伴って減少し，実験終了時には雌136.3 g，雄81.1 g，合計217.4 gとなった。

孵化後の経過期間と魚の平均体長との関係は，第7表および第7図に示す通りである。両者の関係はA群の場合と同様に連続的なS字型曲線で表わされ，体長は実験開始時，つまり孵化後13カ月目では，雌103 mm，

Table 7. Relation between average body length (mm) and the months after hatched out in loach culturing (Group B).

Date examined	Time after hatched out (months)	♀			♂		
		M	σ	C	M	σ	C
July 28, '55	13	102.56±2.24	10.00±1.58	9.75±1.54	95.20±1.12	5.02±0.79	5.27±0.83
Aug. 26, '55	14	113.00±1.59	7.08±1.11	6.27±0.99	101.00±1.05	4.70±0.74	4.65±0.73
Sept. 27, '55	15	117.00±1.42	6.38±1.01	5.45±0.86	103.44±0.80	3.62±0.57	3.50±0.55
Nov. 7, '55	17	117.90±1.67	7.48±1.18	6.34±1.00	104.34±0.72	3.24±0.51	3.11±0.49
Apr. 16, '56	22	123.00±1.40	6.24±0.99	5.07±0.80	106.78±0.74	3.32±0.52	3.11±0.49
May 11, '56	23	121.64±1.38	6.18±0.97	5.08±0.80	105.66±0.63	2.82±0.44	2.67±0.41
June 11, '56	24	125.22±1.47	6.54±1.03	5.22±0.82	109.22±0.99	4.46±0.70	4.08±0.64
July 11, '56	25	127.66±1.24	5.56±0.88	4.36±0.68	112.78±0.87	3.92±0.62	3.48±0.54
Aug. 11, '56	26	127.66±1.34	6.02±0.95	4.72±0.74	109.44±0.98	4.40±0.69	4.02±0.63
Sept. 12, '56	27	129.66±1.65	7.36±1.16	5.68±0.89	111.44±1.15	5.14±0.81	4.61±0.72
Oct. 19, '56	28	130.12±1.36	6.10±0.96	4.69±0.74	112.34±0.99	4.42±0.70	3.93±0.62
Apr. 11, '57	34	130.12±1.35	6.04±0.95	4.64±0.73	112.56±0.98	4.40±0.69	3.91±0.66
May 11, '57	35	132.50±1.18	5.25±0.83	3.96±0.63	114.15±1.06	4.70±0.75	4.12±0.65
June 12, '57	36	129.85±1.36	7.85±1.25	6.05±0.96	115.25±1.04	5.35±0.85	4.64±0.74
July 13, '57	37	133.05±1.35	6.00±0.95	4.51±0.72	115.80±0.92	4.10±0.65	3.54±0.56
Aug. 16, '57	38	136.95±1.54	6.85±1.09	5.00±0.79	115.85±0.92	4.10±0.65	3.54±0.56
Oct. 9, '57	39	140.65±1.17	4.90±0.83	3.48±0.59	119.15±1.06	4.70±0.75	3.94±0.63
Apr. 14, '59	58	142.50±2.51	9.10±1.77	6.39±1.24	121.80±1.07	4.20±0.76	3.45±0.62
May 30, '59	59	141.65±2.44	8.85±1.72	6.25±1.21	121.80±1.26	4.95±0.89	4.06±0.73
July 24, '59	61	145.80±0.65	2.35±0.46	1.61±0.31	122.50±1.14	4.05±0.79	3.31±0.64

Note : The same abbreviations as in Table 4 are also adopted.

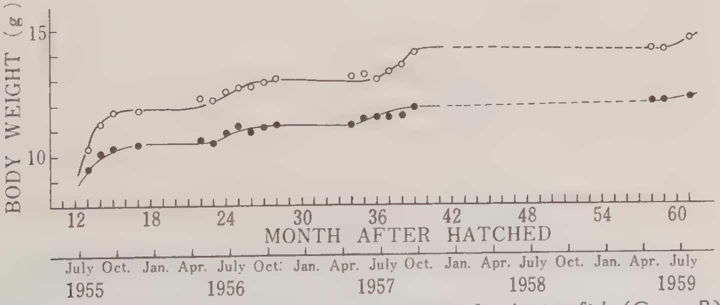

Fig. 7. Growth curves of body length in a group of culturing fish (Group B).
Note : ○, female ; ●, male.

Table 8. Relation between average body weight (g) and the months after hatched out in loach culturing (Group B).

Date examined	Months after hatched out	♀ M	♀ σ	♀ C	♂ M	♂ σ	♂ C
July 28, '55	13	9.17±0.79	3.49±0.56	38.10±6.83	7.28±0.35	1.58±0.25	21.65±3.57
Aug. 26, '55	14	11.68±0.50	2.25±0.36	19.30±3.15	8.90±0.25	1.10±0.17	12.34±1.96
Sept. 27, '55	15	13.08±0.59	2.63±0.42	20.11±3.31	8.81±0.34	1.49±0.24	16.96±2.73
Nov. 7, '55	17	13.54±0.64	2.83±0.45	20.88±3.44	9.52±0.21	0.92±0.15	9.66±1.53
Apr. 16, '56	22	16.01±0.67	2.97±0.47	18.58±3.04	10.15±0.29	1.29±0.21	12.73±2.04
May 11, '56	23	16.59±0.60	2.66±0.42	16.04±2.59	9.90±0.29	1.31±0.21	13.19±2.11
June 11, '56	24	16.74±0.59	2.63±0.42	15.71±2.54	10.14±0.23	1.14±0.18	11.26±1.78
July 11, '56	25	18.14±0.60	2.65±0.42	14.63±2.36	10.83±0.34	1.50±0.24	13.81±2.23
Aug. 11, '56	26	17.06±0.73	3.27±0.52	19.16±3.12	10.19±0.31	1.39±0.22	13.66±2.19
Sept. 12, '56	27	16.54±0.77	3.43±0.55	20.76±3.42	11.14±0.32	1.43±0.23	12.81±2.05
Oct. 19, '56	28	16.08±0.72	3.20±0.51	19.90±3.28	10.86±0.29	1.30±0.21	11.99±1.91
Apr. 11, '57	34	17.10±0.67	2.97±0.47	17.39±2.84	11.48±0.36	1.59±0.25	13.84±2.23
May 11, '57	35	18.61±0.70	3.11±0.49	16.71±2.66	11.50±0.30	1.33±0.21	11.57±1.84
June 12, '57	36	20.05±0.79	3.51±0.56	17.51±2.78	12.28±0.27	1.22±0.19	9.93±1.58
July 13, '57	37	21.50±0.88	3.91±0.62	18.19±2.89	12.39±0.27	1.20±0.19	9.69±1.54
Aug. 16, '57	38	21.00±1.16	4.88±0.78	23.24±3.69	12.39±0.27	1.20±0.20	9.69±1.54
Oct. 9, '57	39	22.00±1.12	4.69±0.75	21.32±3.59	14.16±0.45	2.00±0.32	14.12±2.25
May 30, '59	59	20.33±0.46	1.67±0.33	8.21±1.60	13.93±0.45	1.76±0.32	12.63±2.28
July 24, '59	61	22.84±1.50	5.43±1.06	23.77±4.63	13.93±0.45	1.76±0.32	12.63±2.28

Note : The same abbreviations as in Table 4 are also adopted.

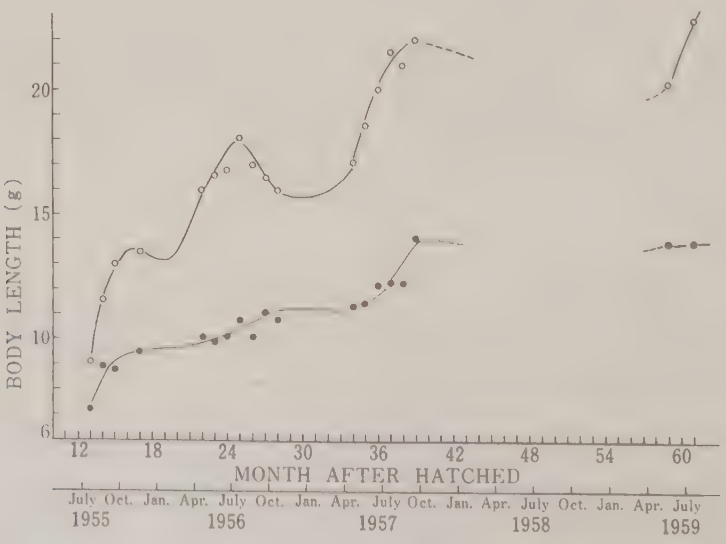

Fig. 8. Growth curves of body weight in a group of culturing fish (Group B). Notes are the same as those of Fig. 7.

雄95 mm，25カ月目では128 mmと113 mm，37カ月目では133 mmと116 mm，61カ月目にあたる実験終了日には146 mmと123 mmになり，雌の方が雄よりも大きく伸長した。

次に孵化後の経過期間と魚の平均体重との関係を第8表および第8図に示した。両者の関係は，雌雄とも連続するS字型曲線で示されるが雌は雄に比べて波の振巾の度合が著しく大きい。

雌と雄の平均体重は，実験開始時では，それぞれ9.2 gと7.3 g，孵化後25カ月目には，18.1 gと10.8 g，37カ月目には21.5 gと12.4 g，実験終了時では22.8 gと13.9 gで，これまでの各実験結果と同様に雌の方が雄よりも大きい増重率を示した。

変異係数は，体長では雌で1～10，雄で2～5で小さく，また成長に伴って変化しないが，体重では，雌で8～38，雄で9～21で大きく，実験開始時よりも，終了時の方が小さい。これは，さきのA群の実験結果と相違するが，その原因は本実験では孵化後約1年間，種々異なった条件下で飼育した魚をよせ集めて種苗としたためと思われる。

c．天然魚と飼育魚の成長度の比較

孵化後の経過期間と永田川産魚および飼育魚の体長との関係を第9図に示した。すなわち，永田川産魚の体長は，それと同年令の飼育魚とよく一致する。したがって，ドジョウの年令と体長との関係は，上述したA群における実験式で代表されよう。

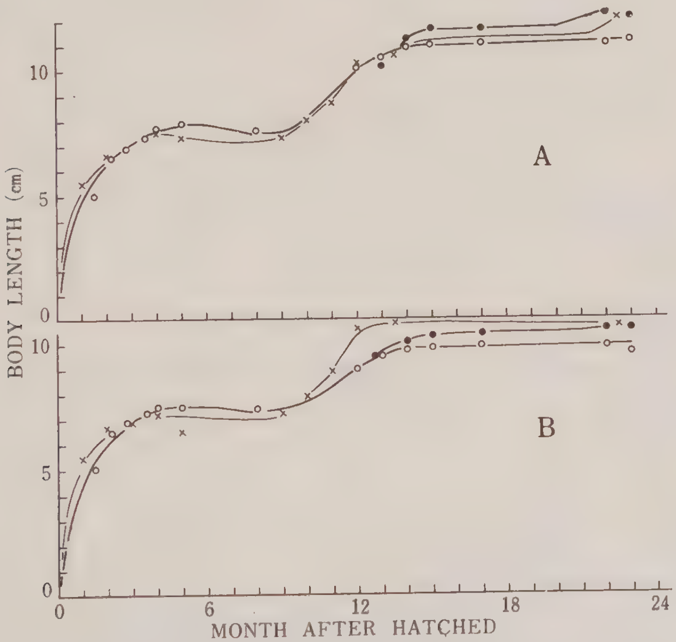

Fig. 9. Growth curves of body length in each group.
Notes : ○, cultured group (Group A) ; ●, cultured group (Group B) ; ×, natural (caught from the River Nagata). A, female ; B, male.

次に孵化後の経過期間と永田川産魚および飼育魚の体長との関係は第10図に示した通りである。永田川産魚の体重は，飼育魚のA群と孵化後8～9カ月まではよく一致するが，12カ月目以後では，雌雄ともそれに勝り飼育魚のB群とほぼ同一か，またはやや小さい値を示した。

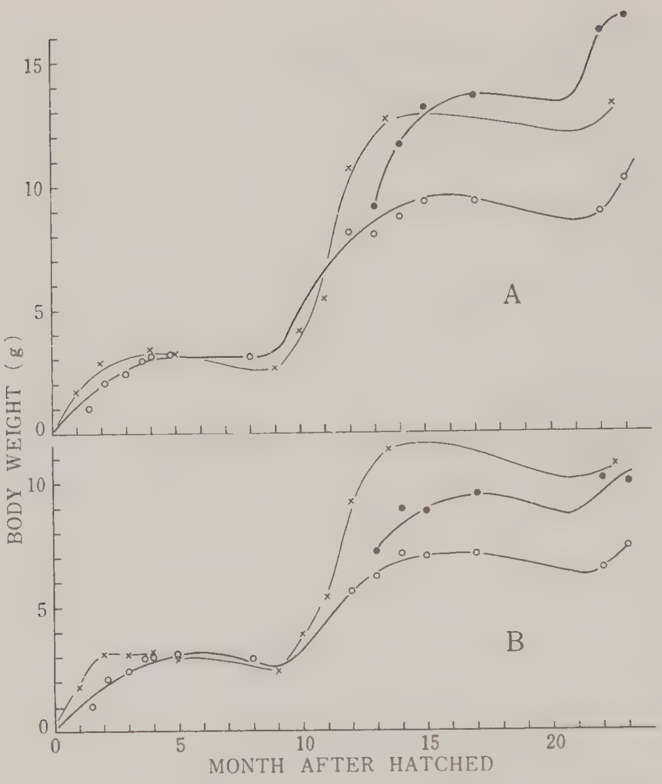

Fig. 10. Growth curves of body weight in each group. Notes are the same as those of Fig. 9.

B. 肥 満 度

a. 体長と体重との関係

永田川産ドジョウにおける体長 (L cm) と体重 (Wg) との関係を対数グラフで示すと第11図の通りである。両者の関係は直線となり

実験式　$W=0.00887L^{2.9957}$

で表わされる。

b. 飼育魚の肥満度

Ⅰ. A群の結果

実験結果を第9表および第12図AとDに示した。

肥満度は孵化後45日目では7.4, 12カ月目には雌 8.6, 雄 8.6, 24カ月目には同じく6.5と6.9, 36カ月目には7.4と7.5, 61カ月目には6.4と8.1で, 雌雄間および各年令間における差異は認め難い。

次に各季節別に比較すると, 肥満度は周年を通じて, ほとんど変化しない。

Ⅱ. B群の結果

実験結果は第10表および第12図BとEに示した通りである。肥満度は孵化後13カ月目には雌8.1, 雄8.3, 24カ月目には同じく8.6と7.8, 36カ月目には9.1と8.1で, A群の場合と同様に, 雌雄間および各年令間における差異は認められない。

各季節別の肥満度は, 雌では産卵期に8.5〜9.3で, 他の季節の7.4〜8.3に比べてやや大きいが, 雄では各

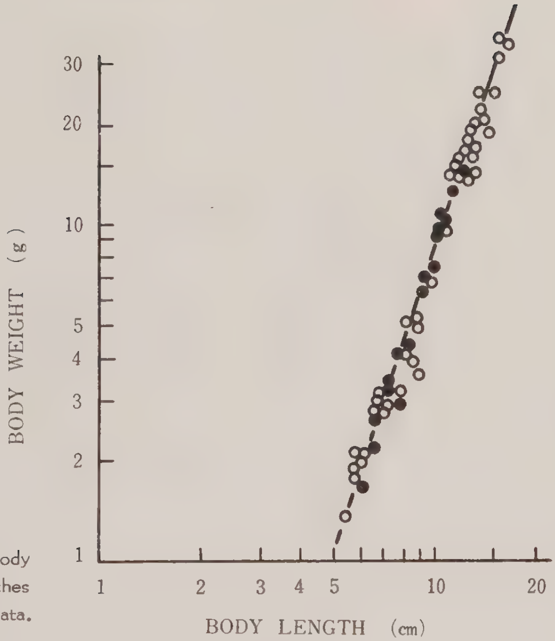

Fig. 11. The relation between body length and body weight in loaches collected from the River Nagata. Note : ○, female ; ●, male.

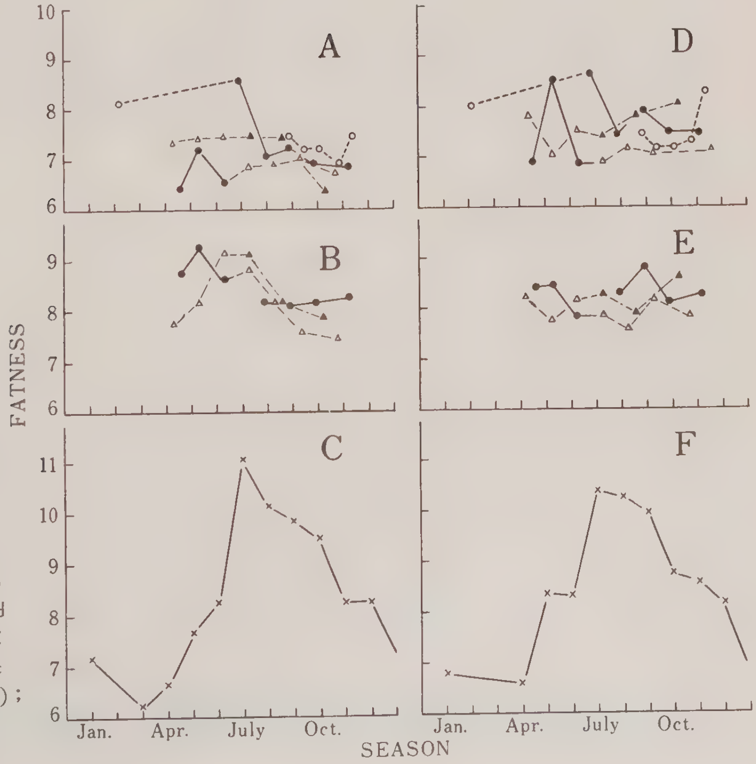

Fig. 12. Seasonal variation of fatness in both natural and cultured loaches.
Notes : A and D, cultured group (Group A) ; B and E, cultured group (Group B) ; C and F, natural (caught from the River Nagata) ; A, B and C, female ; D, E and F, male.

Table 9. Records of deviation of average fatness during five-year-culturing after hatched out in loach (Group A).

Date examined	Sex uncertain			♀			♂		
	M	σ	C	M	σ	C	M	σ	C
Aug. 25, '54	7.45±0.12	0.74±0.08	9.92±1.14						
Sept. 14, '54	7.17±0.09	0.57±0.06	7.94±0.91						
Oct. 4, '54	7.18±0.14	0.86±0.09	2.03±1.40						
Oct. 24, '54				6.88±0.07	0.36±0.05	5.31±0.76	7.30±0.09	0.38±0.07	5.26±1.01
Nov. 13, '54				7.42±0.07	0.37±0.05	5.03±0.72	8.33±0.16	0.61±0.11	7.39±1.43
Feb. 4, '55				8.28±0.11	0.58±0.08	7.05±1.01	8.00±0.16	0.61±0.12	7.72±1.50
June 23, '55				8.55±0.13	0.68±0.09	8.01±1.14	8.63±0.19	0.69±0.13	8.08±1.57
July 28, '55				7.02±0.12	0.62±0.08	8.93±1.28	7.41±0.20	0.75±0.14	10.04±1.95
Aug. 26, '55				7.21±0.14	0.72±0.10	9.98±1.42	7.86±0.15	0.58±0.11	7.39±1.43
Sept. 27, '55				6.90±0.09	0.46±0.06	6.75±0.96	7.46±0.06	0.24±0.04	3.26±0.63
Nov. 7, '55				6.84±0.09	0.45±0.06	6.60±0.94	7.43±0.17	0.62±0.12	8.44±1.63
Apr. 16, '56				6.42±0.11	0.56±0.08	8.71±1.24	6.90±0.13	0.47±0.09	6.89±1.34
May 11, '56				7.24±0.13	0.68±0.09	9.46±1.35	8.50±0.24	0.87±0.17	10.32±2.03
June 11, '56				6.53±0.16	0.82±0.11	12.57±1.83	6.86±0.12	0.45±0.08	6.61±1.28
July 11, '56				6.84±0.11	0.56±0.08	8.26±1.18	6.90±0.23	0.85±0.16	12.40±2.44
Aug. 11, '56				6.88±0.12	0.63±0.09	9.21±1.32	7.16±0.08	0.29±0.05	4.15±0.80
Sept. 12, '56				7.02±0.12	0.60±0.09	8.66±1.30	7.05±0.05	0.16±0.03	2.35±0.55
Oct. 19, '56				6.70±0.12	0.58±0.08	8.71±1.30	7.15±0.05	0.16±0.03	2.32±0.55
Apr. 11, '57				7.32±0.11	0.51±0.08	7.37±1.10	7.80±0.13	0.41±0.09	5.28±1.25
May 11, '57				7.40±0.17	0.82±0.12	11.13±1.68	7.00±0.15	0.45±0.10	6.54±1.55
June 12, '57				7.44±0.16	0.73±0.11	10.48±1.57	7.50±0.09	0.28±0.06	3.73±0.89
July 13, '57				7.48±0.12	0.61±0.08	8.15±1.22	7.40±0.10	0.30±0.06	4.05±0.96
Aug. 16, '57				7.42±0.14	0.70±0.10	9.43±1.41	7.80±0.07	0.22±0.04	2.82±0.67
Oct. 9, '57				7.36±0.13	0.63±0.09	9.90±1.48	8.05±0.19	0.58±0.14	7.20±1.71

Note : The same abbreviations as in Table 4 are also adopted.

Table 10. Records of deviation of average fatness during five-year-culturing after hatched out in loach (Group B).

Date examined	♀			♂		
	M	σ	C	M	σ	C
July 25, '55	8.18±0.30	1.37±0.21	16.75±2.74	8.32±0.16	0.85±0.13	10.28±2.19
Aug. 25, '55	8.07±0.07	0.34±0.05	4.28±0.68	8.78±0.22	1.00±0.15	11.47±1.83
Sept. 28, '55	8.14±0.14	0.65±0.10	8.07±1.28	8.10±0.12	0.57±0.09	7.08±1.12
Nov. 7, '55	8.23±0.12	0.55±0.08	6.67±1.05	8.25±0.08	0.36±0.05	4.36±0.68
Apr. 16, '56	8.72±0.16	0.72±0.11	8.27±1.31	8.38±0.13	0.61±0.09	7.29±1.15
May 11, '56	9.25±0.13	0.59±0.09	6.37±1.01	8.45±0.17	0.78±0.12	9.24±1.46
June 11, '56	8.61±0.16	0.74±0.11	8.61±1.36	7.81±0.14	0.65±0.10	8.37±1.32
July 11, '56	8.81±0.08	0.36±0.05	4.15±0.65	7.85±0.17	0.78±0.12	9.97±1.58
Aug. 11, '56	8.16±0.14	0.66±0.10	8.08±1.28	7.63±0.17	0.78±0.12	10.24±1.64
Sept. 12, '56	7.56±0.14	0.62±0.09	8.24±1.30	8.18±0.20	0.59±0.09	7.30±1.16
Oct. 19, '56	7.41±0.22	1.00±0.15	13.57±3.25	7.83±0.13	0.59±0.09	7.60±1.20
Apr. 11, '57	7.78±0.11	0.49±0.07	6.31±0.99	8.21±0.10	0.45±0.07	5.50±0.87
May 11, '57	8.16±0.10	0.45±0.07	5.53±0.87	7.74±0.10	0.46±0.07	5.94±0.94
June 12, '57	9.14±0.12	0.55±0.08	6.01±0.95	8.12±0.10	0.47±0.07	5.78±0.91
July 13, '57	9.10±0.13	0.62±0.09	6.81±1.07	8.23±0.13	0.61±0.09	7.41±1.17
Aug. 16, '57	8.18±0.14	0.61±0.10	7.45±1.25	7.90±0.10	0.44±0.06	5.56±0.88
Oct. 9, '57	7.85±0.25	1.07±0.17	13.63±2.29	8.66±0.17	0.78±0.12	9.00±1.42

Note : The same abbreviations as in Table 4 are also adopted.

Table 11. Monthly variation of average fatness of loach collected from the River Nagata.

Sampling date	Number of individuals examined		♀		♂	
	♀	♂	M	σ	M	σ
Jan. 6, Jan. 7, '53	18	7	7.17±0.17	1.04±0.11	6.82±0.28	1.12±0.20
Mar. 4, Mar. 5, '53	1		6.25			
Apr. 3, Apr. 4, '53	15	19	6.65±0.18	1.04±0.13	6.62±0.12	0.81±0.09
May 4, May 5, '53	14	8	7.68±0.20	1.13±0.14	8.37±0.26	1.08±0.18
June 3, June 4, '53	19	7	8.25±0.20	1.32±0.14	8.32±0.30	1.18±0.21
July 8, July 9, '53	6	4	11.08±0.13	0.50±0.09	10.38±0.25	0.74±0.18
Aug. 1, Aug. 2, '52	31	23	10.12±0.13	1.13±0.09	10.25±0.13	0.91±0.09
Sept. 28, Sept. 29, '52	24	17	9.84±0.19	1.35±0.13	9.93±0.13	0.80±0.09
Sept. 30, Sept. 31, '52	4	5	9.50±0.09	0.25±0.06	8.75±0.19	0.63±0.13
Oct. 29, Oct. 30, '52	10	8	8.25±0.13	0.59±0.09	8.56±0.19	0.78±0.13
Dec. 1, Dec. 2, '52	2	5	8.25±0.24	0.50±0.17	8.15±0.22	0.73±0.16

Note : The same abbreviations as in Table 4 are also adopted.

季節とも7.5〜8.7で，雌のような季節的変化を示さない。

c．天然魚の肥満度

永田川産ドジョウの月別肥満度を第11表および第12図CとFに示した。この肥満度は飼育魚の場合と異なって大きく変動し，雌と雄とはともに3月および4月の上旬には6.3〜6.6で，年間を通じて最も小さく，それ以後急激に増加し，産卵期にあたる7月上旬には，それぞれ11.1と10.4で最高値を示し，さらにそれ以後は，翌年の3月にかけて減少の一路をたどる。雌と雄の月別肥満度は，各月ともほぼ一致するが，産卵期には前者の方が後者よりもやや大きい値を示す。

考　　察

雌と雄の成長度は，孵化後9〜10カ月目，すなわち体長が約90 mm，体重が5.5 gまでは同一であるが，それ以後では相違する。ところでこの体長は，雄においては各性徴形質の長さの体長に対する割合が，成魚との間に差異を認められなくなる体長（久保田・松井，1955）と一致している。したがって，雄は体長が約50 mmに達した時に性徴を出現し始め，90 mm前後でそれを完成し，成魚としての形態を備えると同時に，成長速度に変化を来たし，雌に劣る成長度を示すようになるようである。

孵化後の経過期間と体長および体重との関係を対数グラフに表わした場合，雌は未成魚の線を延長した直線であるのに対して，雄はその線から派生的な直線を形成する。これは性徴形質の各長さと体長との関係が，いずれも直線の実験式で表わされ，雌では性徴出現前からの連続的な線であるのに対して，雄ではその線から派生的な線を形成するとした結果（久保田・松井，1955）と全く一致する。小林（1951）は，雄の性徴は精巣ホルモンの影響下で発達し，雌では性ホルモンの影響によらないで発達するとした点からすると，雄の成長度が雌のそれよりも低率である原因は，精巣ホルモンが雄の成長を抑制する因子として働き，雌にはこのような因子が存在しないことによるものと考えられる。

次にドジョウの体重は孵化後15カ月目に雌は9〜13g，雄は7〜12gに達するが，この魚体重量を2倍に増加させようとすると，さらに約45カ月，つまり3倍の期間を必要とする。したがって食用魚の生産を目的とする場合の飼育期間は，孵化後15カ月以内とし，とりわけ魚の値段が高く，しかも体長も10 cm前後で，食用魚に適する大きさとなる満1年目の夏季に販売するのが最も得策といえよう。

著者が今までに採集したドジョウのうちで大型のものは，防府市宮市菩提堤で採集した体長 19 cm，体重 79 g，山口県熊毛郡平生町田名の溜池で得た体長19.9 cm，体重54.6 g，下関市吉見町永田の小溜池で得た体長 20.5 cm，体重 94.4 g，および下関市王喜町上畑溜池で得た体長 20.9 cm，体重 91.0 g のものである。これらの性はいずれも雌である。一般に大型の魚は河川よりも溜池において多く採集され，上述の上畑溜池（面積約3ヘクタール）の場合，池をほして雌 14尾，雄 1尾，合計 15尾を採集したが，それらの平均体長は 16.9 cm，同じく体重は 48.3 g であった。このうちの雄は，体長 17.2 cm，体重 47.0 g で，著者がこれまでに採集した雄のうちで最大である。これらの大きさからして，ドジョウの成長極限は，雌では体長が21 cm，体重が100 g，雄では体長が17 cm，体重が50 g 程度と思われる。

天然魚と飼育魚の成長度を比較すると，体長では両者がほぼ一致し，体重では前者が後者のA群よりも大きく，B群とほぼ同一の値を示し，両者間における成長度の優劣はつけ難い。しかし池の面積，構造，放養密度，飼料の種類および量などの飼育環境および養魚技術を改良することによって，飼育魚の成長度を天然魚よりも良好にすることが可能であると思われる。

天然魚の肥満度は，冬眠の終期にあたる3月から4月上旬頃が最小で産卵期にあたる7月上旬頃が最大の値を示した。この事実から，肥満度の季節的変化は生殖腺の発達および摂餌量の多少に最も影響されるように思われる。すなわち卵巣重量の体重に対する割合は，9月および10月には1.6〜1.9%で最小であり，産卵

期には約13%で最大となり（久保田，1961 b），一方摂餌量は春季から夏季にかけては，冬眠中の絶食による体の損耗の補足および生殖腺の発達に要する栄養の必要からきわめて多く，秋季には減少する。ところで肥満度は春季から生殖時期にかけて，雌と雄とはほぼ同じ増加傾向を示すが，精巣重量が卵巣と同様に増重するとは思われないこと，また周年を通じて生殖腺重量の最も軽い9月および10月よりも3月および4月の方が小さいことなどから，その季節的変化は，1次的には摂餌量の多少，2次的には生殖腺の発達と関連しているように思われる。

次に飼育魚の肥満度は，天然魚の場合と相違して，季節的な変化がきわめて小さいが，この原因は，飼育魚では餌料の質および量が一定し，索餌の必要がなく，生息環境が狭いので運動量が小さく，産卵が十分に行なわれないのに対して，天然魚では餌料の種類が多く，しかもその量は一定せず，生息環境が広く，索餌および移動を行なうために運動量が大きく，産卵が十分に行なわれるなどの相違に基づくものと考えられる。

摘　　要

1. 人工孵化した仔魚および永田川で採捕した稚魚を種苗として，5年1カ月間飼育し，成長度をしらべ，天然魚の場合と比較した。

2. 孵化後の経過期間と体長および体重との関係は，対数グラフにおいて雌では未成魚期の線を延長した直線で，また雄では孵化後9〜10カ月目，体長約90 mmで雌の線から派生する直線でそれぞれ表わされる。

3. 孵化後の経過期間（X月）と体長（L mm）との関係の実験式は

雌では　$L=51.821X^{0.2524}$

雄では　$L=65.766X^{0.1420}$

で表わされる。

4. 孵化後の経過期間（X月）と飼育魚の体重（W g）との関係は

雌では　$W=1.0086X^{0.7462}$

雄では　$W=1.8994X^{0.4660}$

で表わされる。

5. 天然魚と飼育魚との成長度の差異は，本実験結果からは認められない。

6. 飼育魚の体長および体重の変異係数はいずれも小さく，しかも飼育期間の増加に伴って変化しない。

7. 体長（L cm）と体重（W g）との関係の実験式は

$$W=0.00887L^{2.9957}$$

で表わされる。

8. 雌と雄および若年魚と高年魚との間における肥満度の差異は認められない。

9. 肥満度の季節的変化は摂餌量および生殖腺の発達と関連しているように考えられる。

10. 肥満度の季節的変化の量は，飼育魚よりも天然魚の方が著しく大きい。

文　　献

1）明山保次郎，1937：鰌の養殖について．香川水試月報，昭和12年4月．

2）青木三雄，1944：養魚の科学．水産社，東京．

3）畑　久三，1943：水産増殖の知識．

4）川村智治郎，1944：鰌の採卵法と稲田放養．

5）久保田善二郎，1955：ドジョウの形態学的研究—II．成長に伴う体形の変化に就いて．本報告，**5**（2）．

6）————，1960：日本産ドジョウの形態，生態および増殖に関する研究.

7）————，1961 a：ドジョウの形態学的研究—Ⅲ．雌雄による形態的差異（2）．本報告，**11**（1）.

8）————，1961 b：ドジョウの生態に関する研究—Ⅲ．生殖腺について．本報告，**11**（1）.

9）三重県水産試験場川越分場，1947：鰌人工採苗試験報告.

10）長田正男，1933：長野県における稲田養鰌．養殖会誌，**3**（11，12）.

11）滋賀県水産試験場，1922：養鰌試験．滋賀水試業功報，大正10年度.

12）————，1924：養鰌試験．滋賀水試業功報，大正12年度.

13）田中小治郎，1948：人工孵化に依る鰌の稚魚の成長度に就て．香川水試報，**3**.

14）谷本保夫，1948：鰌の飼い方．泰文館，東京.

15）山口県水産指導所，1946：鰌種苗放養後の成績について．山口水指特輯，**22**.

16）————，1947：鰌増産の実際．山口水指特輯，**46**.

ドジョウの生態に関する研究—V.
性比について※

久保田善二郎

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)—V. Sex Ratio—its Geographical Variation and the Environmental Control over it※

By

Zenziro KUBOTA

The knowledge of the sex ratio has high practical value for gathering the spawners of the artificial fertilization or for selecting the fry paying attention to the fact that the growth rates differ considerably with sex. But there is scarecely any report on this problem, except those by MATSUI (1934) and by KOBAYASHI (1935). Examining many samples collected from all over Japan, the author found that the sex ratio varied considerably having close relation to the environmental conditions, the details of which are shown in the below.

1) The sex ratio (the proportion of female to total) of respective groups of loach living in the natural environment varies conspicuously station by station from 51 to 98%, *i.e.*, female is more abundant than male.

2) The sex ratio is thought to vary depending on the difference in both environmental and nutritious conditions.

3) It is suspected that the phenotype of sex does not solely depend on the genotype but varies more or less by the environmental conditions, *i.e.*, the better the environmental conditions are, the more there are chances to develop as female, and *vice versa*.

まえがき

魚の性比についての知識は，人工受精とか雌雄により成長度が相違することを考慮に入れた増殖の面からみて重要である。ところで，ドジョウの性比については，松井（1934）および小林（1935）の記載があるだ

※ 水産講習所研究業績　第337号，1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 337.
Received June 26, 1961.

けで，全く不明といっても過言ではない。著者はわが国の各地から採集したドジョウの性比をしらべ，環境の相違が性比と重大な関連があることを知った。

本文に入るに先立ち，御校閲を賜わった京都大学教授松原壽代松博士ならびに終始御指導を仰いだ本所教授松井魁博士に感謝の意を表する。

天 然 魚 の 性 比

A. 実験の材料および方法

供試魚の採集場所は第1表および第1図に示すように，北は北海道岩見沢市から南は鹿児島県川辺郡笠沙町におよぶ20ヵ所である。採集期間は，山口県防府市では1946年10月下旬から翌年3月上旬まで，山口県熊毛郡平生町では1948年12月，山口県下関市吉見町では1954年12月から翌年2月初旬まで，福岡，岡山，新潟および岩手では1950年4月から5月まで，残りの各地区では1955年4月から7月までの期間である。採集は山口県の3ヵ所では，いずれも冬期に，魚の生息地の一区画における水や氷を排除後，手または鍬で泥を掘りおこし，その区画内に生息する魚のすべてを採捕する方法で，またその他の各地区では，春季および夏季に，網や筌による方法で行なった。供試魚の大きさは，雌雄の判別誤差を完全になくするために，山口県の3地区では体長 60 mm 以上，その他の各地区では 80 mm 以上とした。供試魚の尾数は総計 4,451尾である。雌雄の鑑別は，主に胸鰭の形状で行ない，疑わしい個体は解剖した。

B. 実 験 結 果

Table 1. Geographical variation of sex ratio in loach.

Station	Number of individuals examined			Sex ratio
	♀	♂	Total	$\left(\frac{♀}{♀+♂}\times 100\right)$
Kasasa, Kagoshima	14	12	26	53.8
Yanagawa, Fukuoka	102	89	191	53.5
Shimonoseki, Yamaguchi	247	222	469	52.7
Hōfu, Yamaguchi	766	685	1451	52.8
Hirao, Yamaguchi	636	492	1128	56.4
Tamashima, Okayama	47	43	90	52.2
Shido, Kagawa	51	2	53	96.2
Tanabe, Wakayama	10	8	18	55.1
Muko, Kyōto	36	33	69	52.1
Hikone, Shiga	82	15	97	84.5
Gamagōri, Aichi	32	1	33	96.9
Chiba, Chiba	91	15	106	85.8
Nozawa, Nagano	77	37	114	67.5
Ueda, Nagano	60	57	117	51.3
Mizuhara, Niigata	77	46	123	62.6
Watanoha, Miyagi	42	16	58	72.4
Yumoto, Iwate	62	15	77	80.5
Oka, Akita	54	35	89	60.6
Hakodate, Hokkaido	60	27	87	68.9
Iwamizawa, Hokkaido	54	1	55	98.1

実験結果は第1表および第1図に示す通りである。雌の尾数の総数に対する割合は，北海道（岩見沢市），愛知および香川では 90 % 以上，滋賀，千葉および岩手では 80〜86 %， 長野（野沢町）， 新潟， 秋田および北海道（函館市）では 60〜69 %，鹿児島，福岡，岡山，山口（下関市， 防府市， 平生町）， 京都，和歌山および長野（上田市）では 51〜56 % で， 地理的に著しく大きい変異があり，50 %以下， つまり雌よりも雄の方が多い場所は皆無である。

Fig. 1. Geographical variation of sex ratio.

Notes : The black part in each circle represants the ratio of female at each station, while the white one means the ratio of male.

A, Kasasa, Kagoshima ; B, Yanagawa, Fukuoka ; C, Shimonoseki, Yamaguchi ; D, Hōfu, Yamaguchi ; E, Hirao, Yamaguchi ; F, Tamashima, Okayama ; G, Shido, Kagawa ; H, Tanabe, Wakayama ; I, Muko, Kyōto ; J, Hikone, Shiga ; K, Gamagōri, Aichi ; L, Chiba, Chiba ; M, Nozawa, Nagano ; N, Ueda, Nagano ; O, Mizuhara, Niigata ; P, Watanoha, Miyagi ; Q, Yumoto, Iwate ; R, Oka, Akita ; S, Hakodate, Hokkaido ; T, Iwamizawa, Hokkaido.

地域別に性比を検討すると，雌の尾数の割合は，本州の瀬戸内海に臨む各地区および九州の 2 地区では52～56 % で比較的小さいが，香川では 96 %，滋賀および愛知ではそれぞれ 85 % と 97 % できわめて大きい。また河川が日本海にそそぐ長野（野沢町および上田市），新潟および秋田では 51～68 % であるが，太平洋に臨む千葉，宮城および岩手では 72～86 % で，後者の諸地方の方が前者よりも大である。北海道の函館市は 69 % で中位であるが，石狩平野に位置する岩見沢市では，98 % を示し，調査した地区中で最大である。

環境の相異が性比に及ぼす影響

A. 実験の材料および方法

第 1 実験は1956年 4 月18日から 7 月25日までの99日間，第 2 実験は1959年 4 月21日から 7 月21日までの91日間，縦 190.5 cm，横 92.0 cm の水産講習所の試験池で実施した。

第 1 実験の供試魚は1955年 7 月に下関市永田川およびそれに附帯する溝で採捕するか，または同地域で捕獲した親魚から川村の方法で人工採苗するかして得られた稚魚を実験開始日まで養魚池で飼育した86尾，第 2 実験は実験開始日の数日前に永田川で採集した193尾である。実験方法は，第 1 実験では，種苗を無作為に 40 g，28～29尾あての 3 群にわけ，各 1 個の池に放養し，A群には放養魚体重量の 10 %，B群には 5 %，C群には 2.5 % の量を毎日投餌した。餌料の種類は蚕蛹と米糠とを乾燥重量比 2：1 の割合に混じて煮沸したものである。なお魚体重量は20日ごとに測定し，投餌絶対量を補正した。次に第 2 実験は，種苗の大きさを a 群 0.29 g，b 郡 0.71 g，c 群 0.88 g，d 群 0.62 g，e 群 0.88 g とし，a，b，c の各群にはさきの餌料を魚体重量の 10 %，d および e 群には同じく 2 % の量を毎日投餌した。投餌絶対量の補正は 5 月26日に 1 回だけ行なった。このように各群の種苗の大きさに差異を区別したのは，性がもしも環境によって決定されるのであれば，魚を河川から飼育池に移した場合，小さい種苗ほど性の未分化の期間が長いわけで，池の環境により大きく影響され，そこで各群間に性比の差異を生じるだろうし，また性決定が環境に支配されないのであれば，各群の性比は近似すると想定したからである。

B. 実 験 結 果

第 1 実験：結果を第 2 表に示した。雌の尾数の総数に対する割合は，A群 58.3 %，B群 44.0 %，C群 33.3 % で，投餌量の多い群ほど大きい値を示した。これらのうち，とくに注意を要する点は，BおよびC群において，雌よりも雄の方が多く出現したことで，このような現象は自然環境では存在しないか，またあってもごく稀である（前実験結果参照）。

Table 2. Relation between amounts of food given and sex ratio in three groups of loach cultured from the stage of fry after hatched out.

Group	Beginning of culture			Amounts of food given (%)	End of culture			$\frac{♀}{♀+♂} \times 100$
	Number of individuals	Total weight (g)	Average body weight (g)		♀	♂	Total	
A	29	40	1.38	10.0	14	10	24	58.3
B	28	40	1.43	5.0	10	14	25	44.0
C	29	40	1.38	2.5	9	18	27	33.3

第 2 実験：結果は第 3 表に示す通りである。雌の割合は，10 % 投餌量群では，a 群38.4 %，b 群40.6 %，c 群 52.0 %，また 2 % 投餌量群では，d 群 46.1 %，e 群 50.0 % で種苗の大きさが小さい群ほど，雄の出

Table 3. Relation between sex ratio of loach culturing and amounts of food given and also between the former and size of fry captured from natural environment.

Group	Beginning of culture			Amounts of food given (%)	End of culture			♀/(♀+♂) × 100
	Number of individuals	Total weight (g)	Average body weight (g)		♀	♂	Total	
a	35	10.3	0.29	10	10	16	26	38.4
b	42	30.0	0.71	10	13	19	32	40.6
c	34	29.8	0.88	10	13	12	25	52.0
d	48	29.9	0.62	2	18	21	39	46.1
e	34	29.8	0.88	2	13	13	26	50.0

現率が大きい傾向を示し，a，b，dの各群では前実験のBおよびC群と同様に，雌よりも雄の方が多く出現した。投餌量と性比との関係は，前実験の場合と異なって，相関を認めることができない。

以上の両実験結果から，ドジョウの性決定が環境に対して無関係でないということが言えるであろう。

考　　察

生物の性決定についての学説は大別して２つある。その１つは，決定因子が染色体に基づくとするもので，H. HENKING (1891) が半翅類の１種ホシカメムシ *Pyrrhocoris apterus* の精母細胞のうち，１個の特別な行動をする染色粒を発見し，さらに C. E. MCCLUNG (1902) が直翅類のツユムシの一種 *Xiphidium* の精母細胞のうちから H. HENKING と同様なものを見出し，それを特殊染色体と名付け，性の決定に直接的な関係をもっと報告して以来，染色体説として発展した。他の１つは，雄性および雌性の両種の配偶子を形成し得る能力を有する個体が外部的または内部的因子に基づいて，いずれか一方のみの性を現わすとするもので，GOLDSCHMIDT が 1911年以来マイマイ蛾 *Lymantria dispar* を材料として間性説をとなえて以来 HARTMANN，KUHN および MOEWUS らによって開拓されてきた。

ところで，ドジョウの性決定の機構は次の理由から，遺伝子によるよりも主として環境によって支配される，いわゆる現象型に属することが考えられる。１）性比が地理的に著しく相違し，しかも雄よりも雌の方が多く，２）性が未分化の魚は，ホルモン添加餌料によって性の転換が行なわれ（久保田ら，1961），性比は栄養環境または生息環境の相違によって変化し，４）雌雄同体の個体があることなどである。

性比が地理的および環境的に相違することは，HERMES (1880)，SIEBOLDS (1882)，FEDDERSEN (1893)，SELIGO (1900)，DRÖSCHER (1905)，TRYBOM と SCHENEIDER (1904)，BELLENI (1910)，MARCUS (1919)，EHRENBAUM (1928)，TESCH (1928)，HORNYOLD (1929)，D'ANCONA (1935) などはヨーロッパ産ウナギでは雄は河口近くにとどまり，雌のみ河川の上流に遡上して生育し，雄の分布は河岸からの距離に反比例し，塩分の含有量に正比例することを明らかにした。それらの雄の割合は，HERMES (1880) によると０〜86％，DRÖSCHER (1905) は０〜90％，HORNYOLD (1929) は 17〜80％で，地理的変異がきわめて大である。松井（1952）は日本産ウナギの雄100尾に対する雌の百分率は，天然魚では 35.4〜610.0%，平均 59.9％であるが，養殖魚では 0.5〜9.4％，平均 3.5％に過ぎないことを報告している。また，フナでは雌と雄の比率が著しく相違し，佐々木（1926）は雌に対する雄の百分率は 12.9％に過ぎないことを認めている。

本実験において雌の割合が高率を示した地区は，北海道（岩見沢市），愛知，香川，滋賀および千葉，また比較的低率を示した地区は鹿児島，福岡，山口（下関市，防府市，平生町），岡山，京都，和歌山および

長野（上田市）で，前者の各地区が平野または湖を有するのに対して，後者の多くが山地あるいは狭い平地からなっていることは，それらの性比が生息環境と関連性を有しているように思われる。

環境が性比に及ぼす影響についての実験で，雌の割合は種苗の大きさが小さい群ほど小さい値を示した。この結果は GRASSI (1919) および D' ANCONA (1924) のウナギにおける実験結果とよく一致している。すなわち，植物やプランクトンが豊富で，温度が季節的に大きく変化する容器中では，小さい幼魚は雄に，また大部分の中位および大型の幼魚は雌になり，次に大型の幼魚を植物がなく，一様に低温であるコンクリート製の小さなタンク中に移したところ，雌になると思われた幼魚が，実際にはその大部分が雄になったことを彼らは報告している。

ところで，このような結果をもたらした原因は，さきに述べたように，小さい魚は大きい魚よりも性決定までの期間が長く，飼育池の環境に，より大きく影響されたためと思われる。飼育池と河川との環境的差異は，前者は餌料が単一餌料，生息密度が大，遊泳面積が小，水質が悪変するのに対して，後者は前者と全く相反するような条件を有している。雌の出現率は，飼育魚を種苗とした第1実験では投餌量の多い群ほど大きい値を示したが，天然魚を種苗とした第2実験では投餌量にはかかわりなく，種苗の大きさとのみ密接な関係を示した。これは後者の場合では，餌料量の相違よりも天然河川から飼育池へ移されることによる生息環境および餌料の種類の変化の方が性決定により大きい要因として働いたためと思われる。

以上の諸結果を総合すると，GEDDES と THOMSON (1901) が雌は栄養物質その他を貯蔵すべき好適な条件の下に造り出された形成的の有機体であり，雄は補給よりも消費が勝るような条件の下に造り出された破壊的な有機体であるとしたように，ドジョウの性は良好な環境条件のもとでは雌，その反対の条件のもとでは雄に決定される機会が多いように思われる。

摘　　要

1．天然産ドジョウの性比（雌の総数に対する割合）は，51～98％で，地理的に著しく大きい変異があり，雄よりも雌の方が大きい。

2．性比は栄養環境および生息環境によって変化する。

3．ドジョウの性の表現型は遺伝子型だけによらないで，多かれ少なかれ環境条件によって決定され，環境条件が良ければ良いほど，雌として発現する機会が多いように思われる。

文　　献

1）BERTIN, L., 1956：Eels. A biological study. *Cleaver-Hume Press Ltd.*, London.

2）HENKING, H., 1891：Über Spermatogenese und deren Beziehung zur Eientwicklung bei *Pyrrhocoris apterus. Zeits. f. Wiss. Zool.*, **50**.

3）小林久雄，1935：日本淡水魚類並に其寄生虫．養賢堂，東京．

4）久保田善二郎・松井　魁・西川昇平・関屋　正，1961：ドジョウの増殖に関する研究―V．卵胞ホルモンによる性転換について．本報告，**11**(1)．

5）松井　魁，1934：鰍の性別に依る外形の変異．養会，**4**(9)．

6）―――，1952：日本産鰻の形態，生態並びに養成に関する研究．本報告，**2**(2)．

7）岡田　要・木原　均，1950：性．共立出版社．

ドジョウの生態に関する研究—VI.
体長および体重組成※

久保田善二郎

Ecology of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)—VI.
Frequency Distribution of Body Length and Body Weight※

By

Zenziro KUBOTA

It is, of course, very important to know the frequency distributions of the body length and the weight of loach wild population, as the preliminary step to the supply of the spawners for culturing, the estimation of the standing crop of the individuals of the edible stages and the conservation of the natural resources. But the specimens collected with the nets or traps involve a high possibility of the modification due to the difference in the preference of the suitable foods and habitats with growth, to the sexual difference in the feeding activity or to the gear selection. Therefore, the author planned to collect the specimens free from the modifications due to the above-mentioned factors by digging and capturing whole of the individuals burrowing in a certain area, and the results obtained from the specimens thus collected are shown in the below.

1) About 90% of loach population are constituted of the individuals born under a year old, while the rests are of the individuals older than a year.

2) The centroid of the frequency distribution of body length is observable in the range 50—70 mm, while that of the body weight in 1—3 g.

3) The average body length and body weight are estimated to be 66—74 mm and 2.30—3.35 g respectively.

4) The compositions of body length and body weight of the female loach younger than a year are nearly the same as those of male, but the compositions of them of the female loach older than a year are biased to larger than those of the male of the same age.

※ 水産講習所研究業績　第338号，1961年1月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 338.
Received June 26, 1961.

ま え が き

自然環境におけるドジョウの個体群の体長および体重組成を研究することは，その飼育に対する親魚および種苗の供給，食用魚の採捕，らさに資源の保護上重要である。ところがドジョウにあっては，この調査を網や筌を使用して行なうと，魚の大きさによる食性および分布，また雌雄による摂餌量の各相違ならびに網目の大きさなどの諸要因が加わって，真の状態は把握できない。そこで本実験は，冬季に魚の生息地の1区画を掘りおこし，泥中に潜伏中の魚のすべてを採集して行なった。

本文に入るに先立ち，御校閲を賜わった京都大学教授松原喜代松博士ならびに終始御指導を仰いだ本所教授松井魁博士に感謝の意を表する。

実験の材料および方法

供試魚の採集年月，場所および尾数を第1表に示した。魚の測定は山口県防府市，県水産指導所，山口県熊毛郡平生町，水産講習所田名実習場および下関市吉見町水産講習所においてそれぞれ行なった。測定方法は，供試魚を性別し，体長は1mm，体重は0.1gの単位まで読みとった。

Table 1. Date of collection, locality, number of individuals collected and number of individual examined in loach used in the present study.

Date of collection	Station	Number of individuals collected	Number of individuals examined
Dec. 1954	The River Nagata in Shimonoseki, Yamaguchi Pref.	295	295
Dec. 1948	Hirao, Yamaguchi Pref.	1899	661
From Oct. 1946 to Mar. 1947	Hōfu, Yamaguchi Pref.	1834	1519

実 験 結 果

永田川では0才魚の尾数は，雌103尾，雄88尾，性別不明77尾，合計268尾，また1才以上の魚の尾数は雌13尾，雄14尾，合計27尾，総数に対する0才魚と1才以上の魚の占める割合は，それぞれ90.9%と9.1%で，前者の方が後者よりも著しく大きい。

体長の度数分布を第1図に示した。分布範囲は，0才魚では，雌60～93 mm，雄60～98 mm，それらに性別不明を加えた場合，つまり当才魚全体では33～98 mm，また，1才以上の魚では，雌93～149 mm，雄82～115 mm で，雌の方が雄よりも大きい方にづれる。度数分布の峯は，雌では 60～69 mm，雄では70～79 mm，そして全体では 60～69 mm にそれぞれ形成される。総数による体長の平均値は 70.4±0.67 mm である。

次に体重の度数分布を第2図に示した。分布範囲は，0才魚では，雌1.2～6.3g，雄1.5～8.5g，1才魚全体では0.2～8.5gで変異の巾はきわめて広い。また1才以上のものでは，雌6.7～29.0g，雄4.4～14.0gで，体長の場合と同様に雌の方が雄よりも重い方にづれる。度数分布の峯は，雌，雄，全体ともに2.0～2.9gの階級にみられる。総数による体重の平均値は3.35±0.42gである。

平生町から得たものの体長の度数分布は第3図に示した通りである。分布範囲は雌 60～162 mm，雄 60～121 mm，そして全体では 32～162 mmである。頻度数の最も多い階級は，雌と雄はともに60～69 mm，そ

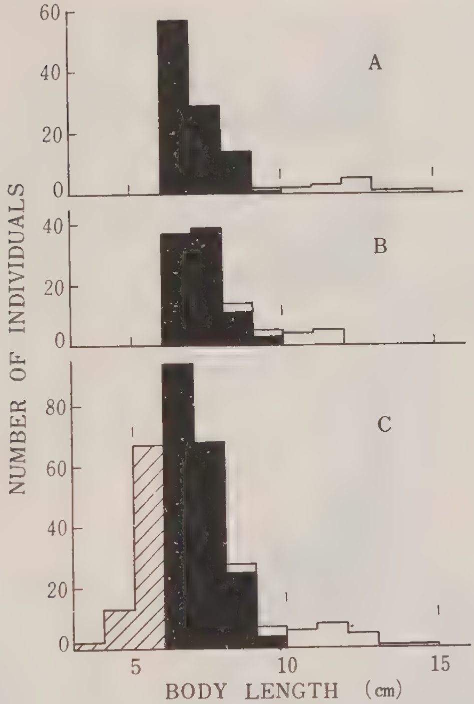

Fig. 1. Frequency distribution of body length in loaches collected from the River Nagata.
Note : A, female ; B, male ; C, total. Black, 0 age group ; White, the group of 1 age or older than it ; Oblique, sex uncertain.

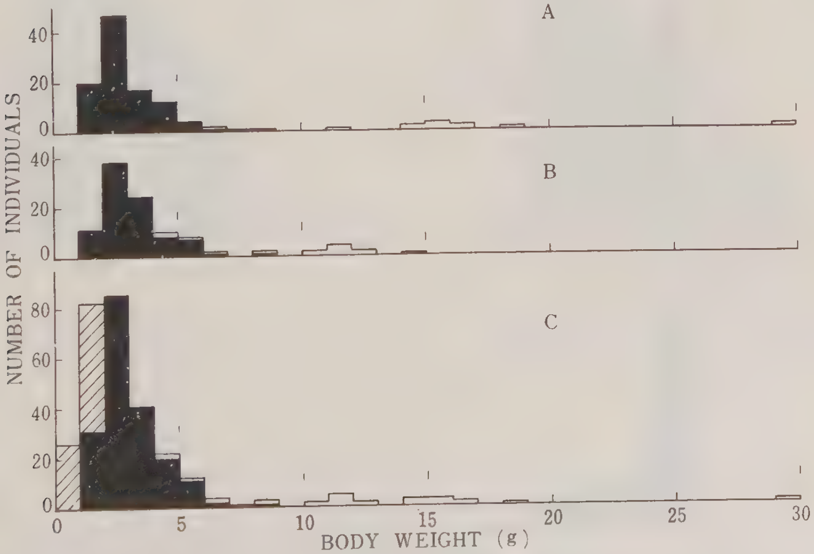

Fig. 2. Frequency distribution of body weight in loaches collected from the River Nagata.
Notes are the same as those of Fig. 1.

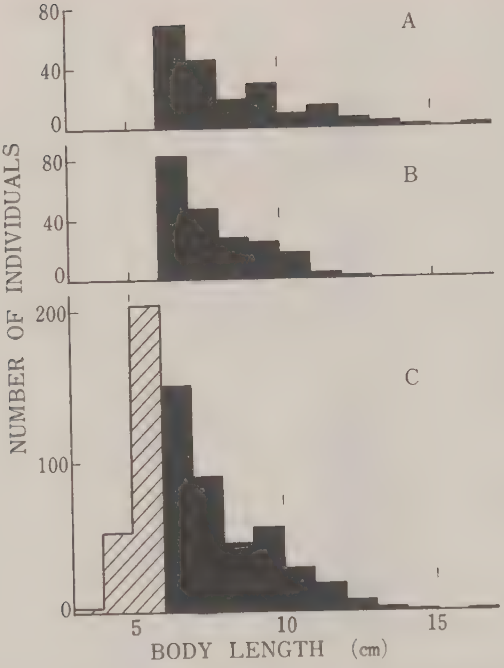

Fig. 3. Frequency distribution of body length in loaches collected in the vicinity of Hirao, 90km east of Shimonoseki.
Note : A, female ; B, male ; C, total ; Oblique, sex uncertain.

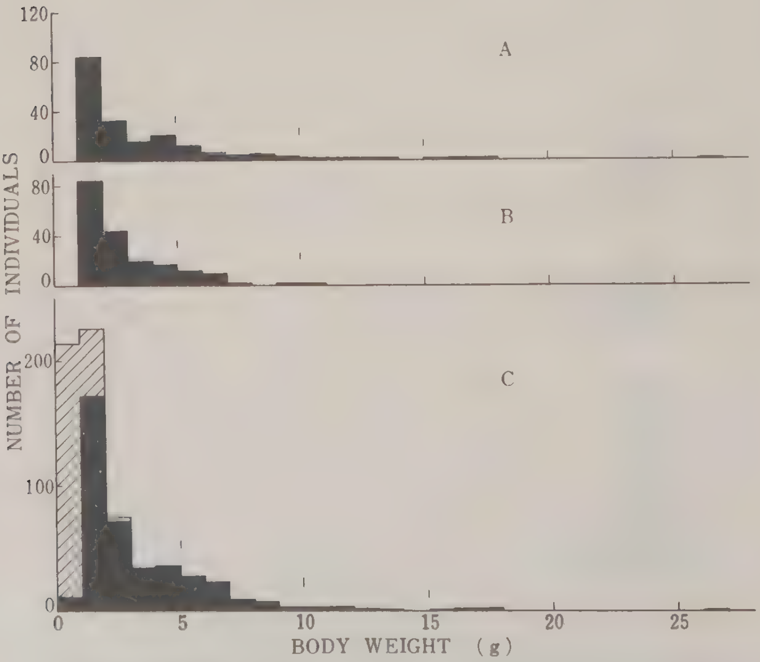

Fig. 4. Frequency distribution of body weight in loaches collected in the vicinity of Hirao, 90km east of Shimonoseki.
Notes are the same as those of Fig. 3.

して全体では50〜59 mmである。総数による体長の平均値は66.5±0.55 mmで，前実験の場合よりも3.9 mmほど小さい。

次に同地方で得たドジョウの体重の度数分布を第4図に示した。分布範囲は雌で0.7〜26.9 g，雄で0.7〜11.5 g，そして全体では0.3〜26.9 gで，前実験結果と同様に雌の方が雄よりも上限域に達する。分布の重心は1.0〜1.9 gにみられ，総数による体重の平均値は2.30±0.22 gで，前実験の場合よりも約1 g軽い。

防府市から得た供試魚については無作為に1,451尾を選んで年令をしらべたところ，0才魚は1,338尾，1才以上の魚は113尾で，総数に対する割合は前者が92.2 %，後者が7.8 %で，第1実験の結果とほぼ同様である。全長の度数分布は第5図に示した通りである。分布範囲は36〜206 mm，分布の峯は80〜90 mmに形成され，平均全長は85.0±0.26 mmである。全長は体長の約1.15倍に相当する(久保田，1961 a)，から，これをもとにして，平均全長を体長に換算すると約74 mmとなり，この値は第1実験の場合よりも約4 mm，第2実験の場合よりも約7 mm大きい。次に体重の度数分布を第6図に示した。分布範囲は0.2〜23.5 g，その重心は第1実験の場合と同様に2.0〜2.9 gにみられ，平均体重は3.17±0.11 gで，第1実験の場合とほぼ等しく，第2実験よりも約0.9 g重い。

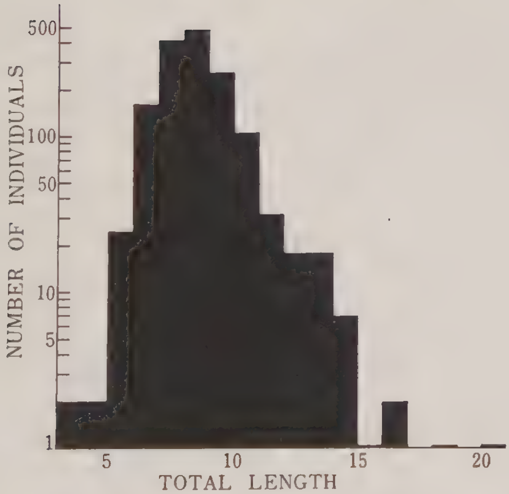

Fig. 5. Frequency distribution of total length in loaches collected from the vicinity of Hōfu, 60 km east of Shimonoseki.

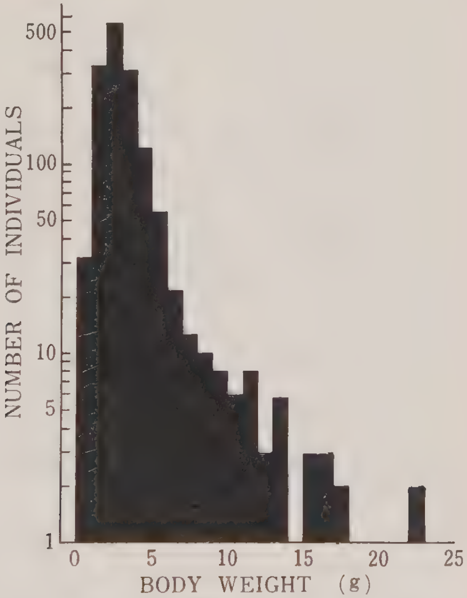

Fig. 6. Frequency distribution of body weight in loaches collected from the vicinity of Hōfu, 60 km east of Shimonoseki.

考　察

上述した3つの実験結果は，度数分布の重心が体長では50〜70 mmに，体重では1〜3 gに，また平均体長は66〜74 mm，同じく体重が2.30〜3.35 gの範囲内にあって，ほぼ同一の値を示した。そして，永田川および防府市の結果から，河川におけるドジョウの個体群は，その約90 %が0才魚，約10 %が1才以上の魚でもって構成されていること，つまり孵化した翌年の冬季までに大半が斃死するものと考えられる。

ところで，この斃死の原因については，本魚の寿命が短命であるためとは思われない。なぜならば飼育した場合，孵化した翌年に斃死する個体はほとんどなく，大部分のものが5年以上にわたって生存を続け，また溜池では，高年令の大型の魚が多数生息しているからである（久保田，1961 b）。以上からしてこの真因については，生息水域の乾涸，水田における石灰の散布，人間やゴイサギ，ウナギなどの生物による捕獲，産卵後および夏季高温による衰弱などがあげられ，とくにそれらのうちで乾涸および石灰散布の影響が最も大きく，著者は溝および水田に，点々と連なる死体の群に度々遭遇した。これらの諸点から考えて河川における本魚の資源を維持するためには積極的な保護対策が必要である。

体長および体重組成を雌と雄について比較すると，0才魚では両者間における差異はほとんど認められないが，1才以上の群では，雌は雄よりも大型魚の出現率が大である。これは，雌と雄の成長が孵化後11カ月までは同一であるが12カ月目から差異を生じ，それ以後は雌の方が雄よりも大きくなる（久保田，1961 b）ことによるものと思われる。

永田川における0才魚の分布範囲は0.2～8.5 g で著しく大きい変異を示したが，これは飼育魚の場合（久保田，1961 b）と全く相反する。この原因については，天然では産卵期間が長期にわたり，しかも生息環境が個体によってかなり相違するのに対して，飼育の場合は同一時期に孵化した種苗を同一の環境および餌料下においたことによるものであろう。

摘　　要

冬季，河川においてドジョウを採捕し，体長および体重の組成をしらべた。

1. ドジョウの個体群は，その約90％が0才魚，残りは1才以上の魚でもって構成されている。

2. 度数分布の重心は，体長では50～70 mm，体重は1～3 g の範囲にある。

3. 平均体長は66～74 mm，平均体重は2.30～3.35 g である。

4. 雌の体長および体重の組成は，雄のそれらと比べて，0才魚ではほぼ同じであるが，1才以上の魚では大型に偏している。

文　　献

1）久保田善二郎，1961 a：ドジョウの形態学的研究－Ⅲ．雌雄による形態的差異（2）．本報告，11(1).

2）――――，1961 b：ドジョウの生態に関する研究－Ⅳ．成長度および肥満度について．本報告，11(1).

ドジョウの増殖に関する研究—Ⅲ.

精子の保存について※

久保田善二郎

Foundation Studies in Culturing of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)—Ⅲ. Storing of Spermatozoon※

By

Zenziro KUBOTA

It may be one of the most important problems of carrying out the artificial fertilization successfully to keep the spermatozoon alive longly in normal condition. And there are quite many reports, in some of which this problem for fish are studied and in others of which this problems for the domestic animals are discussed.

The author examined the relation between the activity of the stored spermatozoon and the storing conditions, especially the kinds of the storing solution, concentration of the spermatozoon and the temperature during the storing, and found that it is more probable to get better results by employing rather the solution prescribed for the domestic animals such as GPC-5 than Ringer's one which has been used for the storing the seminal fluid of fish. And the results are shown in detail in the below.

1) The influence of the environmental conditions during the storing of the seminal fluid on the activity of the spermatozoon, *i.e.*, on the type of swimming, the duration of swimming and the swimming velocity are examined.

2) The spermatozoon can hold longer time its activity when it is stored in the GPC-5 solution than when it is in the Ringer's one as commonly used:

That is to say……

i) The spermatozoon swimming forward is observed to continue its movement for such a long time as 10 to 12 days when it is stored in the GPC-5 solution at 10.8—13.0°C (11.4°C in average) in contrast with 5 days in the Ringer's solution and within a day in sulphite solution respectively.

ii) When the spermatozoon is stored in the GPC-5 solution, it requires longer time to loose the activity into swimming circulatorily or oscillatorily, which are thought to be the stages of the spermatozoon loosing its activity, than when it is stored in the Ringer's solution.

※ 水産講習所研究業績　第339号, 1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 339.
Received June 26, 1961.

iii) The highest rate of surviving of the spermatozoa can be observed when they are stored in the GPC-5 solution, then this rate decreases in such an order as Ringer's solution and sulphite solution when they are stored in such solutions.

iv) The spermatozoon stored in the GPC-5 solution can swim more quickly than those stored in the Ringer's solution.

v) The spermatozoon stored in the GPC-5 solution within a certain period can continue to swim longer time than that of fresh condition, against the fact that no elongation of the duration of swimming can be caused by the storing in the Ringer's solution.

vi) The spermatozoa stored not so long time in the GPC-5 solution show higher activity in some time than those in fresh condition, although the spermatozoa stored in the Ringer's one can not show any higher activity than those of fresh condition at any period in storing.

3) The more densely the spermatozoon is stored, so far as the present investigations go, the spermatozoon keeps its activity longer time; especially the best result can be obtained when the spermatozoon is stored without any treatment, *i.e.*, as in state of testis.

4) The spermatozoon can keep its activity longer time, when it is stored in the lower temperature than in the higher one.

5) When it is colder than 20°C, the spermatozoon stored in the GPC-5 solution can survive longer time than kept in the Ringer's one ; but *vice versa* in the warmer temperature.

6) At the temperature 7.4–9.4°C, the spermatozoon stored in the GPC-5 solution can hold its activity 11 days as against 4 days stored in the Ringer's solution.

7) The higher hatching rate is obtained in the eggs fertilized by the spermatozoa stored in the GPC-5 solution than that kept in the Ringer's one.

8) The higher rate of the malformed individuals is occurred in the eggs fertilized by the spermatozoa stored in the Ringer's solution than the eggs by the spermatozoa in the GPC-5 one.

ま え が き

精子を正常な状態で長期間保存さすことは，人工受精を計画化および能率化し，優良品種をつくり精子を長距離輸送する上に重要である。精子の活力および保存については，VRASSKI (1854) がスズキ類の一種 *Acerina vulgaris* の精子を6日間ガラス瓶中に貯蔵し得たことを報告して以来多くの業績がみられる。すなわち精子の活力および受精能力については ATKINS (1874) が *Salmo salar*, RUTTER (1902) がマスノスケ，森脇 (1912) がベニザケ，中野と野沢 (1925) が木崎湖産マス，山本 (1941) がワカサギおよびアユ，SMITH と QUISTOFF (1943) がニジマスおよびマスノスケ，BARRET (1951) がサケ，ニジマスおよび *Salmo clarkii lewisi*, 岡田と伊藤 (1955) および岡田ら (1956) がサケでそれぞれ研究を行なった。

精子の保存を目的とした媒溶液については，家畜では無水葡萄糖を主成分とするＧＰＣ（ウシ用）およびＧＰＳ（ヒツジ用）がソ連で，酒石酸法（ウシ，ウマ，ブタおよびウサギ用）が MILANOV (1938)，硫酸

塩法（ウマ，ウシ，ヒツジ，ブタおよびウサギ用）が LAMBERT (1940)，燐酸塩卵黄法（ウシ用）が PHILLIPS (1939) および LARDY と PHILLIPS (1940) によって考案され，KÜST (1936) は生理的食塩水も GPC と同価値のあることを報告した。一方，魚類では ELLIS と JONES (1939) が *Salmo salar* の精液の1滴を一定量の淡水および5〜40%の海中水に入れて精子の寿命を検鏡した結果，活動時間が20%の海水中で最も長いことを確かめ，山本 (1941) は未受精卵および精子の短命は，体腔液と媒液との塩分濃度の差に原因すると考え，メダカの成熟未受精卵を滲透圧の等しいリンゲル氏液，すなわち M/7.5 NaCl 100＋M/7.5 KCl 2.0＋M/11 $CaCl_2$ 2.1 に保つと，長時間受精能力を保持することを発見した。また川村 (1944) はドジョウの人工孵化を行なう時は，水 1000 cc に対して食塩 7.5 g，塩化カルシウム 0.35 g，塩化カリ 0.2 g の溶液の使用を提案した。

著者は1952年5月から1957年5月にわたる間，精子の活力と保存環境，とくに保存液，精子濃度および温度との関係をしらべ，従来魚類精子の媒溶液として使用されてきたリンゲル氏液よりも，GPC－5液の方が精子の活力保持に対して著しくすぐれていることを知った。

本文に入るに先立ち御校閲を賜わった京都大学教授松原喜代松博士ならびに終始御指導を仰いだ本所教授松井魁博士に感謝の意を表する。

精子の運動性および活力の検査方法

A. 運　動　性

ドジョウの精子は頭部，中片部および尾部の3部分からなり，頭部は直径約1.6 μの球形で，それにつづいて長さ約0.7 μの中片部があり，さらにその後端からは長さ約18 μにおよぶきわめて細長い尾部をそなえている。生時において，尾部はほとんど観察されないが，その波状運動によって前進し，中片部は尾部の運動関節の働きをするものと考えられる。

精子は，精液またはそれと等調の滲透圧の溶液中ではほとんど運動しないが，それを水で稀釈すると急激に運動をおこす。精子の運動性は前進，旋回および振子の3様式に大別できる。すなわち活力の大きい新鮮な精子は，水を添加されると直線的な前進運動を開始するが，時間の経過に伴ってその速度を弱め，ついで大きく円形を描いて旋回するようになり，徐々にその回転半径を縮少し，ついには位置をほとんど変えないで，頭部を痙攣的または振子様に揺動する固着運動に変り，最後には不動となる。ところで，これらの各過程は，全部の精子がたどるのではなくて，同一精巣内の精子でも個体によって運動様式が相違し，前進運動を行なわないで旋回から振子，または振子から停止の過程をとるものもある。保存精子は貯蔵期間の増加に伴って前進から旋回，さらに振子運動精子の占める割合が大きくなる。したがって，これらの運動様式は精子の活力査定の1指標とすることができる。

ドジョウ精子の旋回運動の方向は，必ずしも一定していないが，時計の針の進む方向に対して逆のものが多く，全旋回精子の約70〜80%を占める。清水を添加された精子が，運動を開始してから停止するまでに要する時間は同一条件下では前進運動精子が最も長く，振子精子が最も短い。

B. 活力の検査方法

精子活力の検査方法は，まず顕微鏡の視野中に Thoma-Zeiss 血球計算器の計算板をおき，つづいて載物ガラスの凹所，中央部附近に精液または精液を稀釈した保存溶液のごく微量を先端の尖ったピンセットで塗附し，それにスポイドで1滴の清水を添加後カバーグラスでおおい，直射日光をさけて低倍率で検鏡した。この際，稀釈された精液は毛細管作用によってほぼ均等に両ガラス間の空間を満たした。測定は上記の諸性質を考慮して精子の活動状況，運動時間および速度の3点について行なった。

a．**活動状況**：血球計算器の計算板のうちから16区画を選定し，精液またはその稀釈液に清水を添加後，その区画中の前進，旋回，振子の各運動精子個体数を，さらに全精子が停止して後その総個体数を算定し，各運動精子個体数の全精子個体数に対する割合を求めた。なお精子生存率は，運動精子個体数の全精子個体数に対する割合である。

b．**運動時間**：清水を添加してから計算板の16区画におけるすべての精子が運動を停止するまでに要する時間。

c．**運動速度**：前進運動精子が一定距離（140μ）を通過するに要する時間をはかり，これを60秒間の走行距離に換算して表わした。

なお，これらの各調査は，誤差範囲を小さくするために，測定を２～５回繰返しそれらの平均値を採用した。

精子の活力に及ぼす保存液の影響

A．実験の材料および方法

実験は1956年７月５日から７月18日にわたる間，水産講習所増殖学教室で実施した。供試魚は下関市吉見町永田川一帯の溝で採捕した体長90～130 mm の雄17尾を使用した。実験方法は，まず魚の頭部を切断して即死させ，背部を切り開き精巣をできる限り傷つけないように注意して摘出した。一方，下記の各溶液に対してそれぞれ３個のシャーレを用意し，それらに供試液を 80 cc あて入れた。これらのうちＧＰＣ－５液を入れた各シャーレには精巣２尾分づつ，残りの２液にはそれぞれ 1.5 尾分づつ収容し，冷蔵庫内に保存した。そして計画された時期に各液とも 0.5 尾分の精巣を取り出し，既述の方法によって精子活力の検査を行なった。一方，残りの２尾分の精巣は保存液に入れないで基準群とし直ちに検鏡した。

供試液の成分は次の通りである。

ＧＰＣ－５液　第１液……H_2O 1000 g + $C_6H_{12}O_6$ 57.0 g + KH_2PO_4 2.8 g

第２液……H_2O 1000 g + $NaPO_3$ 30.3 g + $MgHPO_4 \cdot 3H_2O$ 0.1 g + Na_2SO_4 1.7 g + $Ca_3(PO_4)_2$ 0.1 g

硫酸塩液　H_2O 1000 g + Na_2SO_4 3.6 g + $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$ 39.0 g + pepton

リンゲル氏液　H_2O 1000 g + NaCl 7.5 g + KCl 0.2 g + $CaCl_2$ 0.35 g

これら溶液の氷点降下 Δ°C は，ＧＰＣ－５液では －0.60，硫酸塩液では －0.58，リンゲル氏液では －0.51である

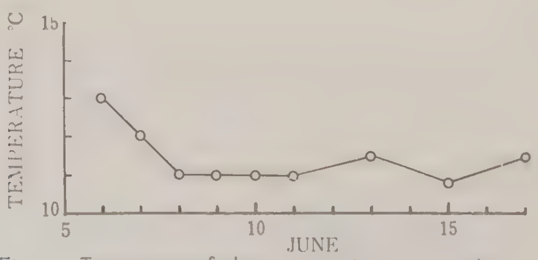

Fig. 1. Temperature of the storing solution in ice box.

ＧＰＣはウシの人工受精に使用する稀釈液で，ソ連で考案され，各国において最も広く採用され１号から７号まであるうち，ＧＰＣ－４とＧＰＣ－５が非常に好評である。各号とも第１液は主に滲透圧を精子の活

動に適するように調節するために葡萄糖を主材とし，第２液は主に精液酸度の緩衝，調節を目的として燐酸ソーダを主材とし，使用する際はこの両液を等量に混合する。硫酸塩法は LAMBERT（1940）が考案した方法で，本実験では，そのうちのウサギに使用する稀釈液を採用した。さらにリンゲル氏液は川村（1944）がドジョウの人工孵化を行なう際に使用した成分を用いた。

実験中の保存液の温度は 10.8～13.0°C，平均 11.4°C（第１図），また測定の際に添加した清水の温度は 27.0～29.8°C である。各保存液の pH は，実験開始時ではＧＰＣ－５液が 7.4，硫酸塩液およびリンゲル氏液がともに 5.8，また終了時にはＧＰＣ－５液およびリンゲル氏液がいずれも 5.8 である。

B. 実 験 結 果

２尾の基準群における精子の運動様式は，ともに前進的で，その速度は 29°C の稀釈水中で１分間に 5.38 mm および 5.83 mm 進み，さらに運動時間は１分58秒および２分16秒であった。

貯蔵日数と各群の前進精子含有率（前進運動をする精子個体数の全精子個体数に対する割合。以下これにならう）との関係を第２図に示した。すなわち含有率はＧＰＣ－５液では２日に100％，５日，48％，10日，

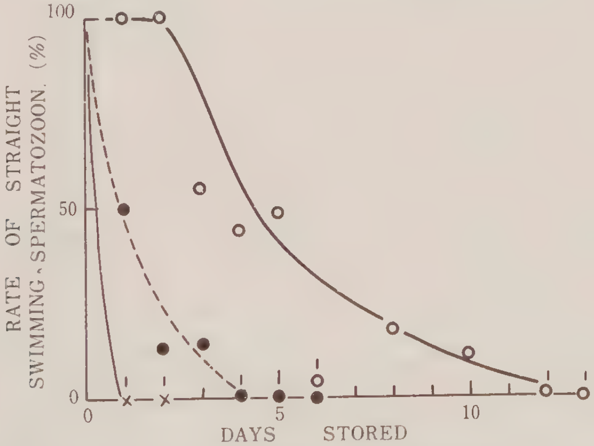

Fig. 2. Change of the rate of straightly-swimming spermatozoon to total ones with days stored.
Note : ○, GPC-5 solution ; ●, Ringer's solution ; ×, sulphite solution.

11%，リンゲル氏液では２日に13％，４日，１％，さらに硫酸塩液では１日に０％で，ＧＰＣ－５液が最大，硫酸塩液が最小である。精巣中に前進運動精子が含有される期間は，ＧＰＣ－５液が10～12日間，リンゲル氏液が５日間，硫酸塩液が０～１日で，ＧＰＣ－５液はリンゲル氏液の２倍以上に相当する。

貯蔵日数と各群の旋回精子含有率との関係は第３図に示した通りで，含有率はＧＰＣ－５液では２日まで０％，６日が最高で66％，10日で11％であるのに対して，リンゲル氏液では１日が６％，２日が最高で60％，４日で13％そして10日で６％となり，同精子の出現は，前者の方が後者よりも遅れる。

さらに振子精子含有率は，ＧＰＣ－５液では５日まで０％，８日に32％で峯をつくり，それ以後減少して12日に16％となるが，リンゲル氏液では３日まで０％，６日が最高で20％，12日に５％で，同精子の出現時期は旋回精子の場合と同様に前者が後者よりも遅れる（第４図）。貯蔵日数に対する各群の精子生存率の関係は第５図に示した通りである。すなわち，精子の生存日数は硫酸塩液では２日間，ＧＰＣ－５液およびリ

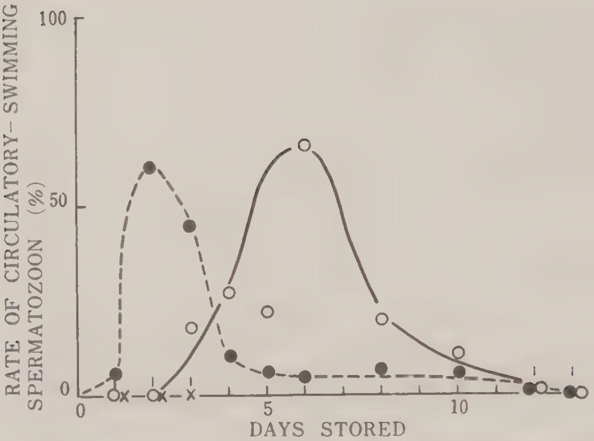

Fig. 3. Change of the rate of circulatory-swimming spermatozoon to total ones with days stored.
Note is the same as in Fig. 2.

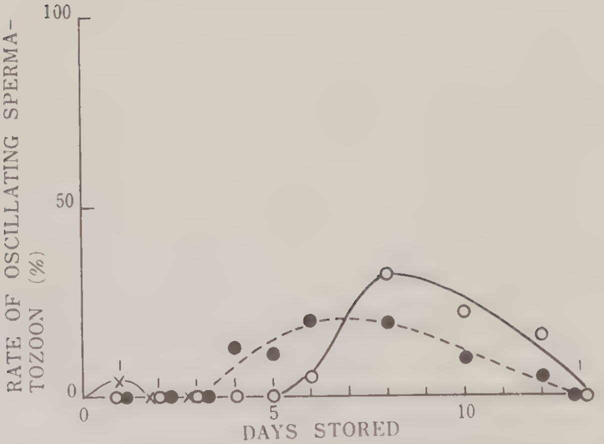

Fig. 4. Change of the rate of oscillating spermatozoon to total ones with days stored.
Note is the same as in Fig. 2.

ンゲル氏液ではいずれも12日間である。ところで後の2者は生存期間では一致したが，その精子生存率の減少傾向では著しく相違し，前者が8日まで緩慢，それ以後急激となるのに対して，後者では4日まで急速で，それ以後は緩慢である。

畸形精子は貯蔵開始後7日頃から振子運動精子および運動を停止した精子の間に現われ始め，実験終了日に近づくにしたがって，徐々に増加した。同精子は正常精子に比べて光沢がなく，頭部が変形して矮小である。また斃死した精子は集合して塊状となっていた。

貯蔵日数と精子の運動時間との関係は第6図に示した通りである。運動時間は硫酸塩液では3日の間に急減するが，リンゲル氏液では12日まで2分前後の運動力を持続し，この点で基準群とほぼ同一時間を保持する。一方GPC－5液は基準群よりも大きく延長され，6日までは8～14分，とくに3日には26分15秒およ

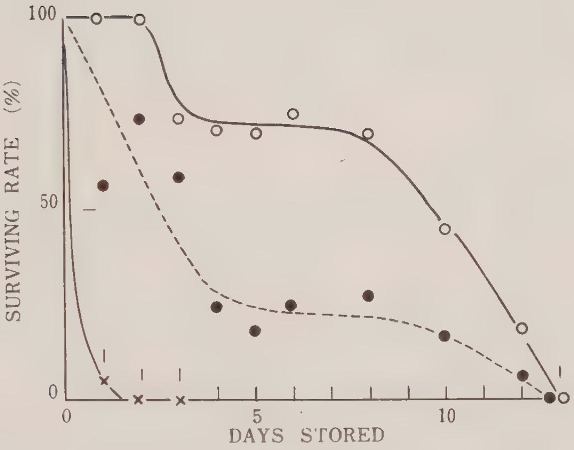

Fig. 5. Surviving rate of the spermatozoon to total ones during the storing.
Note is the same as Fig. 2.

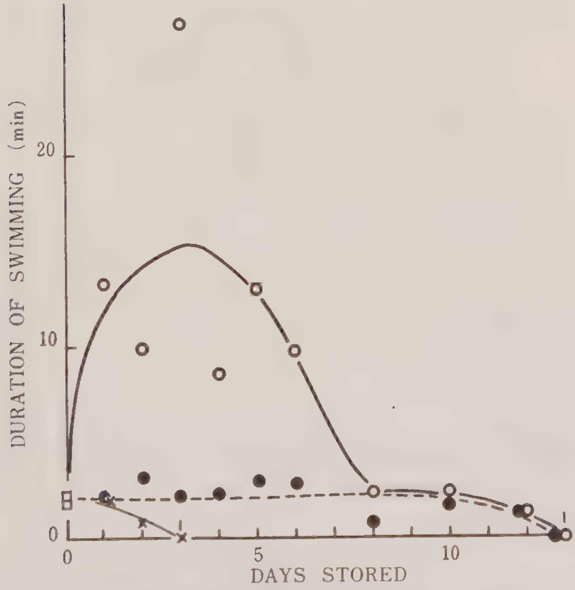

Fig. 6. Change of duration of swimming of spermatozoon with days stored.
Note : ○, GPC–5 solution ; ●, Ringer's solution ; ×, sulphite solution ; □, original seminal fluid.

び26分57秒を記録した。これは基準群の約10倍の長さに相当する。GPC－5液における精子の運動時間の拡大は，同液に精巣を収容してから短時間内に行なわれるようで，試みに基準群の精巣の小片を収容したところ，60分後に11分9秒となった。

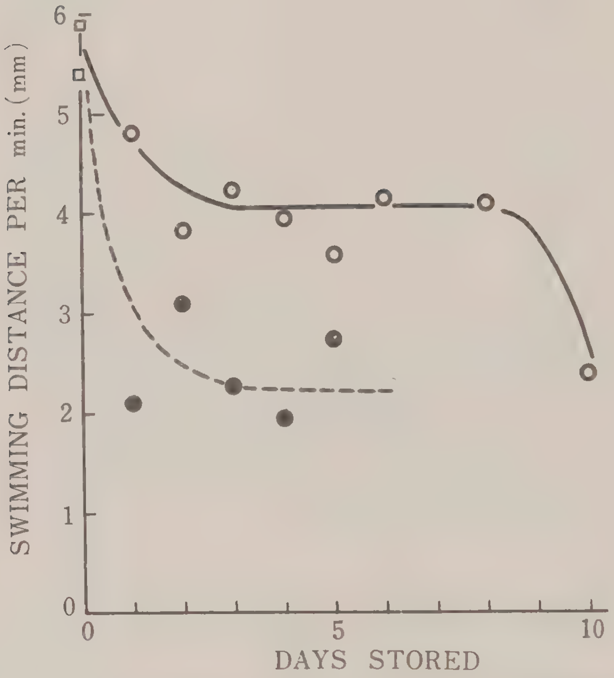

Fig. 7. Swimming distance per min. of the spermatozoon stored in two kinds of solution.
Marks are the same as those of Fig. 6.

貯蔵日数と各群の精子の運動速度との関係は第7図に示した通りである。すなわち精子の1分間における運動距離は実験開始時には 5.5〜5.9 mm であるが，それ以後ＧＰＣ－５液とリンゲル氏液ではともに減少し，前者では２日から８日にかけて 3.56〜4.24 mm，また後者では２日から５日にかけて 1.60〜3.36 mm を示し，さらにそれ以後では急減する。このように精子の運動速度はＧＰＣ－５液に保存した精子の方がリンゲル氏液におけるよりも早い。

保存液中における精子の濃度とその活力との関係

A．実験の材料および方法

実験は1956年７月23日から８月７日までの16日間実施した。供試魚は14尾で，さきの方法にしたがって精巣を摘出し，そのうち11尾分の精巣から含有精子をＧＰＣ－５液 45 cc 中にしぼり出して原液とし，それをさらにＧＰＣ－５液で稀釈することによって濃度の異なる下記の５液を作製して供試液とした。

Ａ群	原液	20 cc		
Ｂ群	〃	10 cc＋ＧＰＣ－５液		10 cc………２倍液
Ｃ群	〃	5 cc＋　〃	〃	15 cc………４　〃
Ｄ群	〃	2 cc＋　〃	〃	18 cc………10　〃
Ｅ群	〃	1 cc＋　〃	〃	19 cc………20　〃

残りの３尾分の精巣は，そのままＧＰＣ－５液 20 cc 中に保存して対照群とした。なお原液 1 mm^3 中の精子個体数は29652である。保存容器，貯蔵場所，活力の検査方法はさきの実験と全く同じである。実験中の保存液の温度は12.0〜16.2°C，平均12.7°Cで，前実験（平均11.4°C）の場合よりも高く（第８図），添加した清水の温度は28.0〜29.5°C である。原液の pH は実験開始時に7.4，終了時に5.7で，保存日数の増加に伴って酸性域へ移行した（第９図）。

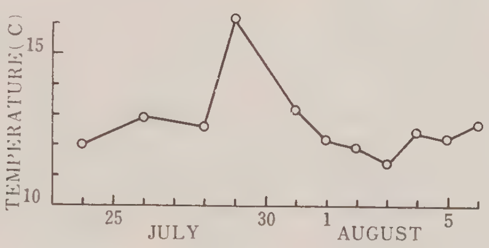

Fig. 8. Temperature of the storing solution in ice box.

Fig. 9. pH of storing solution during the experiment.

B. 実 験 結 果

貯蔵日数と各群の前進精子含有率との関係は第10図に示した通りである。含有率は１日ではＡ，Ｂ，Ｃの各群で 100 %，Ｄ群で 20 %，Ｅ群で２%，また２日ではＡ群で 11 %，Ｂ群で 10 %，Ｃ群で４%，ＤおよびＥ群ではともに０%，さらに３日では対照群で 32 %，Ａ群で２%，その他の各群では０%で，高濃度群の含有率は低濃度群よりも高率である。精子中に前進運動精子が含有される期間は，対照群で５日，Ａ群で３日，ＢおよびＣ群ではともに２日，ＤおよびＥ群ではいずれも１日で高濃度群ほど長い。

貯蔵日数と各群の旋回精子含有率との関係は第11図に示した通りである。各群において最高の含有率を示す時期は，対照群が３日，Ａ・Ｂ・Ｃの各群が２日，ＤおよびＥ群がともに１日で，高濃度群ほど遅い。この傾向は振子精子の場合にも適合し，最高率は対照群で５〜７日，Ａ群で４日，Ｂ・Ｃ・Ｄの各群で３日，Ｅ群で２日でそれぞれ示される（第12図）。

貯蔵日数と各群の精子生存率との関係は第３図に示した通りである。精子生存率は，５日に対照群で56 %，Ａ群で15 %，ＢおよびＣ群で５%，Ｄ群で４%，Ｅ群で１%，また10日に対照群で40 %，Ａ群で８%，Ｂ群で５%，ＣおよびＤ群で３%，Ｅ群で０%で，高濃度群の精子生存率は低濃度群におけるよりも高率である。各群の精子の生存日数はＥ群で５日，Ｄ群で12日，ＢおよびＣ群ではともに13日，Ａ群で14日そして対照群で14日以上で，高濃度群ほど長い。

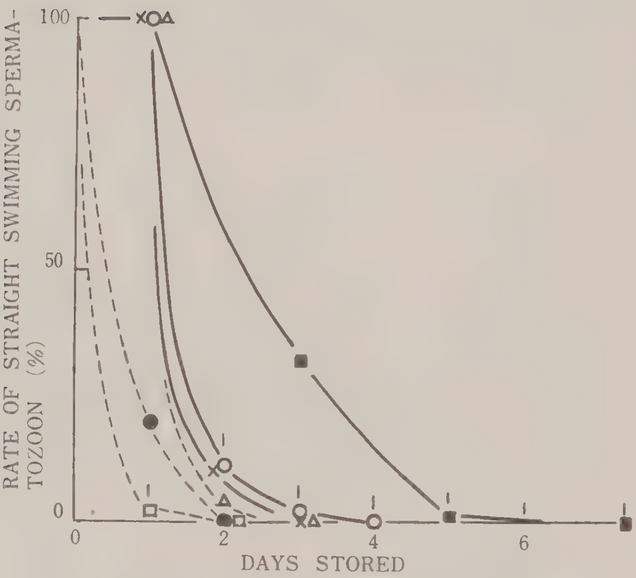

Fig. 10. Change of the rate of straightly-swimming spermatozoon to total ones with days stored.
Note : ○, Group A ; ×, Group B ; △, Group C ; ●, Group D ; □, Group E ; ■, Control.

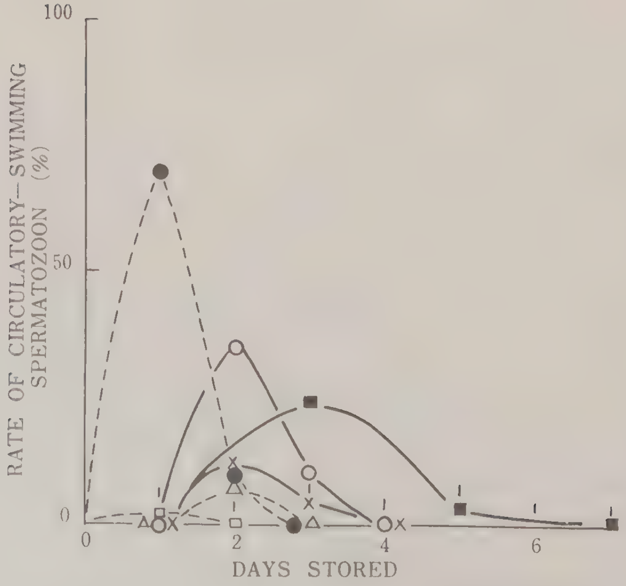

Fig. 11. Change of the rate of circulatory-swimming spermatozoon to total ones with days stored.
Marks are the same as those of Fig. 10.

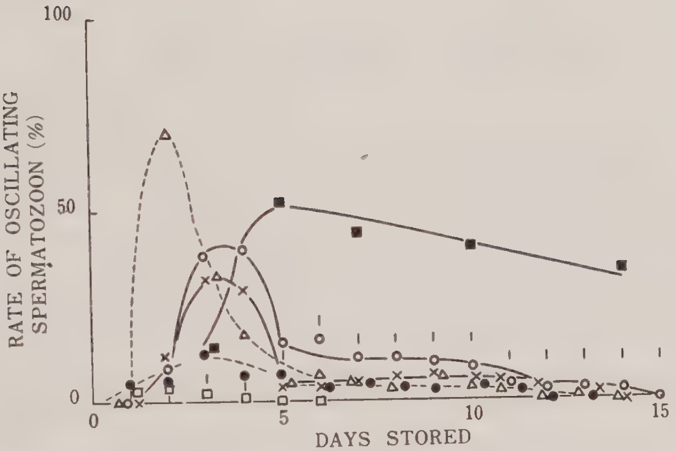

Fig. 12. Change of the rate of oscillating spermatozoon to total ones with days stored.
Marks are the same as those of Fig. 10.

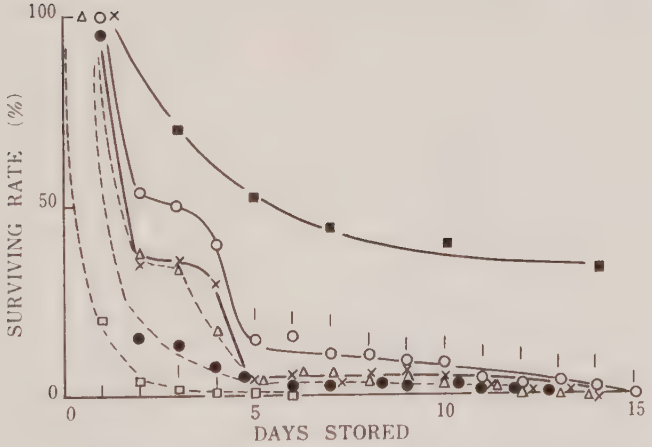

Fig. 13. Surviving rate of the spermatozoon to total ones during the storing.
Marks are the same as those of Fig. 10.

貯蔵日数と各群の精子の運動時間との関係は第14図に示した通りである。運動時間は，3日では対照群で20分，A群で13分，B群で9分，C群で8分，E群で6分，D群で5分，また10日では対照群で12分，A群で9分，BおよびC群ではともに5分，そしてD群では4分で，高濃度群ほど長い。

貯蔵日数と各群の精子の運動速度との関係は第15図に示した通りである。1分間の走行距離は，1日ではC，A，B，D，E群の順序に，2日ではA，B，C群の順序に，3日では対照群，A群の順位に長く，したがって精子の運動速度は高濃度群ほど早い傾向がある。

Fig. 14. Change of duration of swimming of spermatozoon with days stored.
Marks are the same as those of Fig. 10.

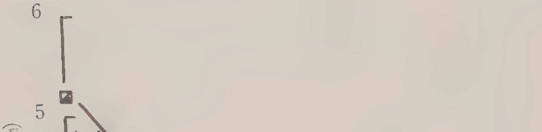

Fig. 15. Swimming distance per min. of the spermatozoon stored in various groups.
Marks are the same as those of Fig. 10.

保存温度と精子活力との関係

A．実験の材料および方法

実験は1957年1月30日から2月17日にわたる19日間実施した。供試魚は32尾でそのうち30尾は実験群，残りの2尾は基準群として使用した。実験方法は，GPC－5液およびリンゲル氏液，各250 cc中にそれぞれ15尾分の精巣から精子をしぼり出して精子含有液をつくり，さらにこれらを40 ccあて，各液5本のガラス管瓶中に収容した。つづいて両液の管瓶1本あてを，あらかじめサーモスタットおよび冷蔵庫で5段階の温度に調節しておいた場所に安置した。その後毎日管瓶から少量の精子含有液を取り出して前実験と同様な方法で調査を行なった。なお精子含有液の1 mm^3 中における精子個体数はリンゲル氏液が38750，GPC－5液が34575で，前者が後者よりもわずかに高濃度である。一方，基準群は精巣を摘出後保存液に入れないで，直ちに精子の活力検査を行なった。

実験中の平均保存温度は，A群で3.1°C（0.8～4.8°C），B群で20.3°C（19.0～21.0°C)），C群で25.6°C（25.0～26.8°C），D群で29.2°C（29.0～29.5°C），E群で35.0°C（35.0～35.0°C）である（第16図）。pHは実験開始時ではGPC－5液が7.4，リンゲル氏液が5.6で，それ以後は前実験の場合と同様に保存日数の増加に伴って，前者の各群では大きく酸性化するが，後者の各群でははとんど変化しない。GPC－5液の各群におけるpHの変化は，低温群よりも高温群の方が著しく，1日保存した場合，A群で7.0，B・C・Dの各群で6.8，E群で6.6，また13日ではA群の6.2に対してB群では4.4である（第17図）。

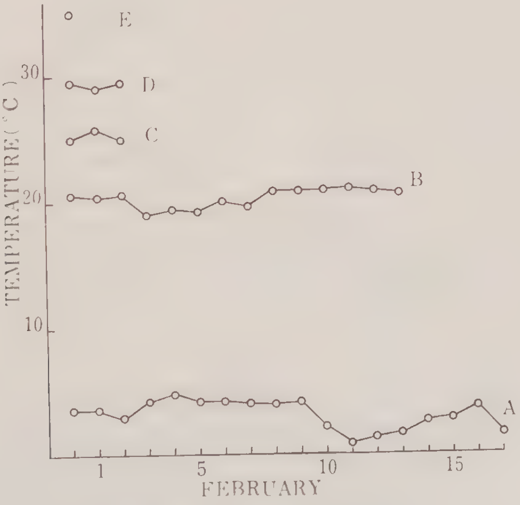

Fig. 16. Temperature of respective storing solution of spermatozoon during the experiment.
Note : A, Group A ; B, Group B ; C, Group C ; D, Group D ; E, Group E.

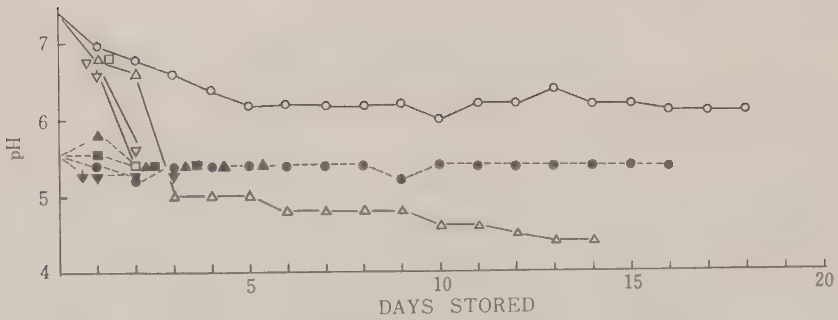

Fig. 17. pH of storing solution of spermatozoon during the experiment.
Note : ○, Group GA ; ●, Group RA ; △, Group GB ; ▲, Group RB ; □, Group GC ; ■, Group RC ; ▽, Group GD ; ▼, Group RD ; ▽, Group GE ; ▼, Group RE.

B. 実 験 結 果

基準群の精子の運動様式は，旋回運動精子が全精子の99.5％を占め前進運動精子はわずかに0.5％に過ぎず，そして振子および停止精子は発見できなかった。この結果は前述の各実験結果と著しく相違するが，この原因は本実験の行なわれた時期が，他の諸実験の行なわれた時期と異なり，精子がまだ十分成熟していないことによるものと考える。これらの精子の運動時間は 14.8°C の稀釈水中では 5 分12秒～ 5 分30秒，その速度は 1 分間に 3.11 mm であった。

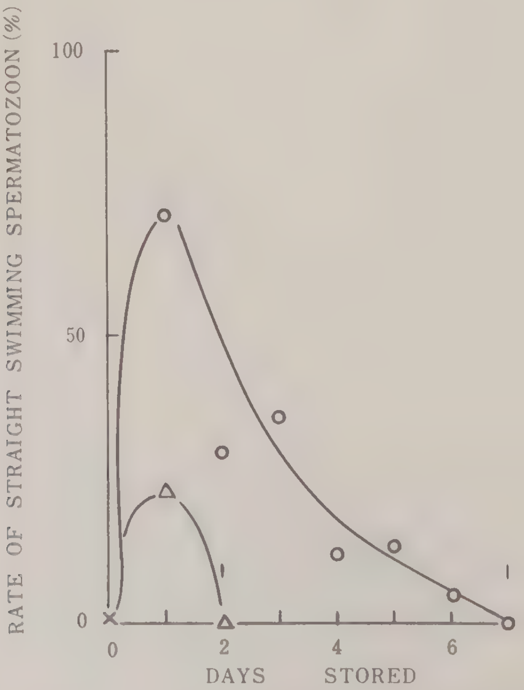

Fig. 18. Change of the rate of straightly-swimming spermatozoon to total ones with days stored.
Note : ○, Group GA ; △, Group GB.

貯蔵日数と各群の前進精子含有率との関係は第18図に示した通りである。含有率は1日ではGA群（GPC－5液のA群を意味し，同様にRA群はリンゲル氏液のA群をさす。以下これにならう）で71.4％，GB群で23.2％で，両群とも実験開始時の0.5％から急増するが，それ以後では減少して前者では7日で，後者では2日でそれぞれ消滅した。このように前進運動の精子はGPC－5液における低温の2群にのみ出現し，その2群のうちでは低温群の方が高温群よりも同精子の含有期間は長く，その含有率も高いことを示す。

旋回運動の精子は，GPC－5液における低温の3群にのみ出現し，同精子含有率は第19図に示すように保存日数の増加に伴って各群とも減少し，GA群では7日で，GB群とGC群ではともに2日で消滅した。

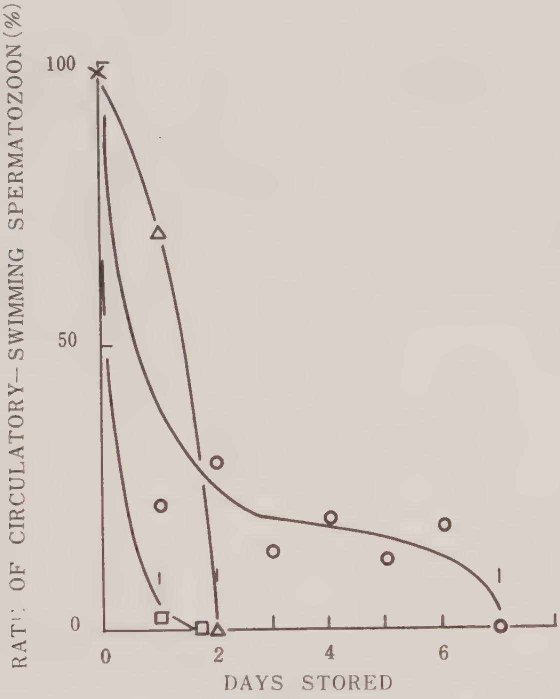

Fig. 19. Change of the rate of circulatory-swimming spermatozoon to total ones with days stored.
Note：○，Group GA；△，Group GB；□，Group GC.

さらに振子運動の精子において，その最高含有率がみられる時期は，GA群で5日，GB群で3日，その他の各群ではいずれも1日で，GPC－5液の各群では高温度群よりも低温度群の方が遅れる傾向がみられ，またリンゲル氏液では，保存日数1日の含有率がRA，RB，RC，RD群の順位に大きく，高温群では低温群におけるよりも高率である（第20図）。

精子の生存日数はGA群で17日，RA群で15日，GB群で13日，RB群で3日，RCおよびRD群ではともに2日，GC群で1日，RE，GD，GEの各群ではいずれも1日以内で，同一保存液のうちでは，低温群が高温群よりも，またGPC－5液とリンゲル氏液の各群を比べると，20°C以下の温度では前者，それ以下の温度では逆に後者の方が生存日数が長い。精子の保存温度とその生存日数との関係でとくに注目される点は，生存日数がGPC－5液においては，3°Cと20°Cとで大差が認められないが20°Cから25°Cに

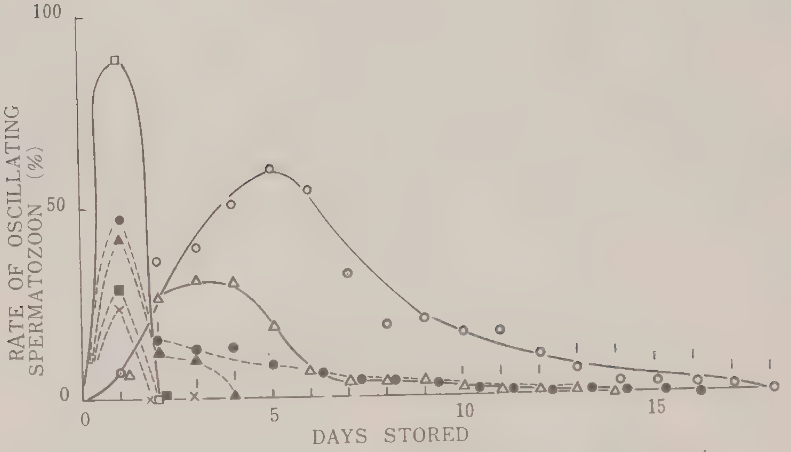

Fig. 20. Change of the rate of oscillating spermatozoon to total ones with days stored.
Note : ○, Group GA ; △, Group GB ; □, Group GC ; ●, Group RA ; ▲, Group RB ; ■, Group RC ; ×, Group RD.

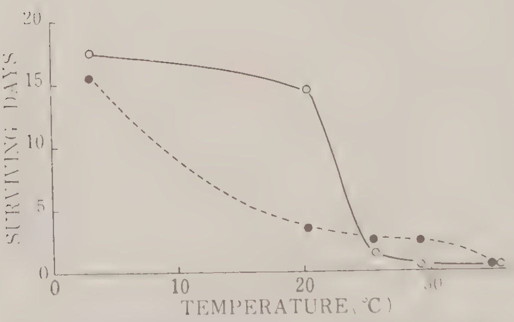

Fig. 21. Change of the surviving days with increase in storing temperature.
Note : ○, GPC-5 solution ; ●, Ringer's solution.

かけて大きく減少し，一方リンゲル氏液では，このような傾向がみられないで低温から高温にかけて徐々に減少することである（第21図）。

貯蔵日数と各群の精子生存率との関係を第22図に示した。精子生存率は3日ではGA群で89.9％，GB群で31.0％，RA群で13.5％，RB群で10.1％，その他の各群ではいずれも0％，また6日ではGA群で77.0％，GB群で6.5％，RA群で5.9％で，同一保存液のうちでは低温群の方が高温群よりも高率を示し，リンゲル氏液群とGPC－5液群とを同一温度群について比べると，20°C以下の保存温度では前者の方が後者よりも低率で，また20°C以上の温度では両者はほぼ等しいか，あるいは前者の方がやや高率である。精子生存率はGA群では6日から7日，GB群およびGC群では1日から2日，その他の各群では実験開始時から1日にかけてそれぞれ大きく減少した。

貯蔵日数と精子の運動時間との関係は第23図に示した通りである。すなわちGPC－5液の各群の運動時

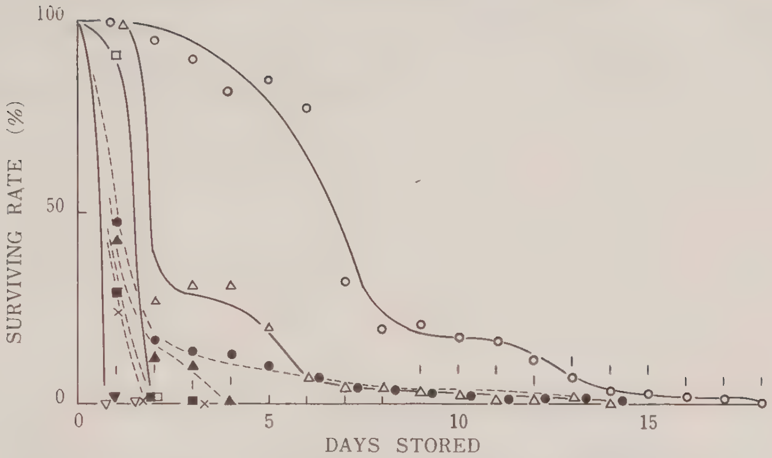

Fig. 22. Surviving rate of the spermatozoon to total ones during the storing. Note : ○, Group GA ; △, Group GB ; □, Group GC ; ▽, Group GD ; ●, Group RA ; ▲, Group RB ; ■, Group RC ; ×, Group RD ; ▼, Group RE.

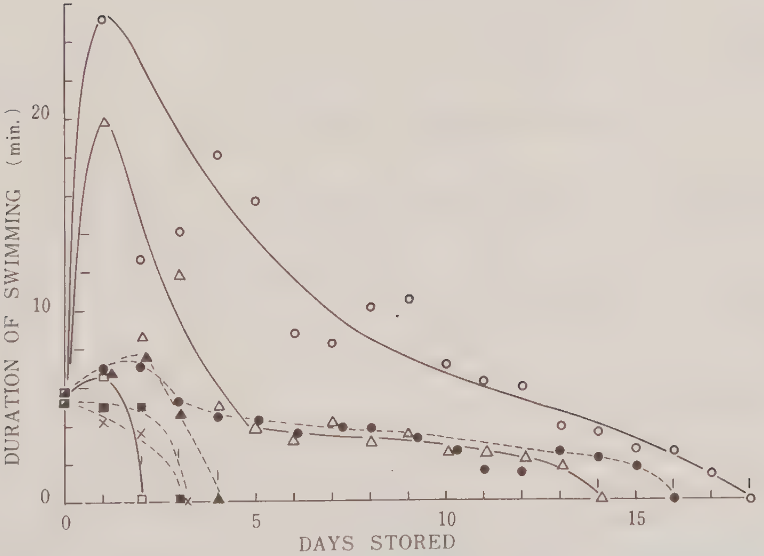

Fig. 23. Change of duration of swimming of spermatozoon with days stored. Note : ○, Group GA ; △, Group GB ; □, Group GC ; ●, Group RA ; ▲, Group RB ; ■, Group RC ; ×, Group RD ; ,◪ original seminal fluid.

間は，実験開始後に急増し，1日ではGA群で25分，GB群で19分，そしてGC群では6分で，低温保存群ほど長く，それ以後5日までは急激に，さらにその後では緩慢に減少した。一方リンゲル氏液の各群では，GPC－5液の各群で示されたような運動時間の拡大はなくて，実験開始時とほぼ同一か，または短く，そ

してＧＰＣ－５液の場合と同様にわずかながら低温群が高温群よりも長い傾向が認められる。

精子の運動速度は，ＧＡ群では貯蔵開始後１日において最も早く，１分間に7.08 mm，つまり実験開始時の２倍以上に匹敵する速度を示すが，１日から２日にかけて急激に，それ以後６日にかけて緩慢に減少する。またＧＢ群ではＧＡ群のような速度の増加はなくて，実験開始時から２日にかけて，それぞれ減少する（第24図）。

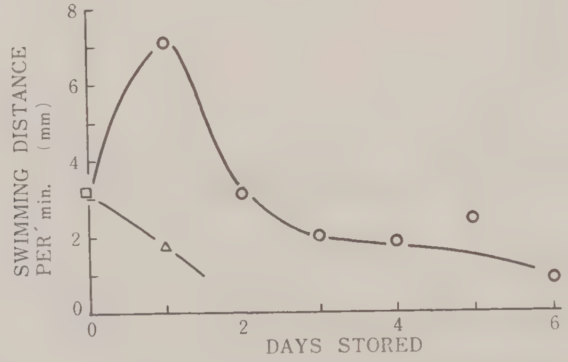

Fig. 24. Swimming distance per min. of the spermatozoon stored in two different groups.
Note : ○, Group GA ; △, Group GB ; □, original seminal fluid.

精子の保存日数と孵化率との関係

上述の諸実験結果から，精子の活力を長期間保持させる環境条件としては，保存液ではリンゲル氏液よりもＧＰＣ－５液，温度では高温よりも低温，精子の濃度では低密度よりも高密度の方がそれぞれ優れていることを知った。ところでこれらの諸結果は精子の運動性だけからしらべられたものであって，これらの環境下に保存した精子がはたして受精および孵化能力を有するかどうか，また孵化率に如何に影響するかは全く不明である。そこで本実験はこれらの諸点を明らかにする目的で行なった。

A．実験の材料および方法

実験は1957年５月13日から５月31日までの期間に行なった。供試魚は雌28尾，雄２尾である。実験方法は，まず受精前15日から受精日にかけて，１・２の例外を除き，毎日リンゲル氏液およびＧＰＣ－５液各40ccを入れた直径３cm，高さ10 cmのガラス管瓶中に，各１尾分の精巣を収容し，さらにそれらを冷蔵庫に安置した。なお保存液は受精日から７日前および受精日から16日前の２回にわたってそれぞれ別個に作製した。

卵巣卵の成熟および排卵促進は川村（1944）の方法で行ない，排出した卵は一応パラフィンの皮膜で内部を裏づけたビーカー内に収容し，その後収容した卵の均一性をはかるために鶏羽で十分に攪拌した。一方，精子懸濁液は直径9.5 cm，高さ２cmのシャーレ中で前述した保存精子各１尾分に保存液５ccを加えて作製した。受精は精子懸濁液に23.2°Cの清水50 ccを加えると同時に，その中に卵を撒布する方法で行なった。その後各収容卵数，孵化仔魚数および畸形魚の有無をしらべるとともに，１日１回換水を行なった。受精率の検査は行なわなかった。その理由は川村（1944）および鈴木（1951）が認めたようにドジョウの成熟未受精卵を水中に入れると卵膜が拡挙し，動物極の附近に微細な細胞質が集まって胚盤を形成し，第２分割まで

は受精卵も未受精卵も同様な経過をたどり，その少数は桑実期附近まで卵分割が進み，第3分割までの観察では受精卵か未受精卵かを判定できないことによるものである。

B. 実験結果

精巣の保存温度は7.4～9.4°C（第25図），孵化用水の温度は21.0～23.2°C，孵化所要時間は2～3日で

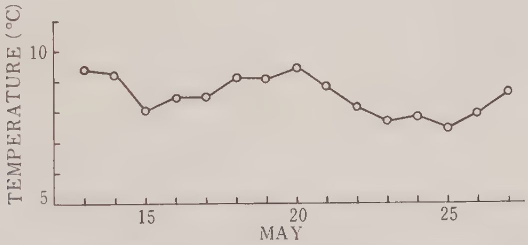

Fig. 25. Temperature of the storing solution in ice box.

ある。保存精子が卵を受精孵化させ得る能力を持続する期間は，R群（リンゲル氏液群）では4日間，G群（GPC－5液群）では11日間で，後者の方が前者よりも長い。孵化率はR群よりG群の方が著しく高率を示し，R群では精子の保存期間が長いほど低率となるが，G群では保存期間が7日間から10日間および媒精日から6日間の間では，それぞれ期間が長いほど高率となる異常傾向を示した。* 精巣を保存しないで新鮮な精子を使用した場合の孵化率は，R群で24.9％に対して，G群では38.2％で，後者の方が前者よりも高率である。孵化仔魚の畸形率は，G群よりR群の方が大きく，後者では精子の保存日数が増加するに伴って高率となるが，前者では精子を1日間保存した場合に7.7％の出現がみられた以外は皆無であった（第1表，第26図）。

Table 1. The details of the results of hatching of the eggs fertilized by the spermatozoa stored in the Ringer's solution or in the GPC-5 one.

Solution	Days stored	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15
Ringer's solution	Number of eggs	113	37	84	50	66	73	42	93	46	47	28	68	77	59
	Number of eggs hatched	28	6	10	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Number of malformed fry	1	1	3	3	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Hatching rate	24.9	16.2	11.9	14.0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rate of malformed fry	3.6	16.7	30.0	42.9	0	—							—	—
GPC-5 solution	Number of eggs	34	60	29	65	34	84	47	45	62	52	105	76	91	41
	Number of eggs hatched	13	26	18	32	18	41	34	0	1	1	14	5	0	0
	Number of malformed fry	0	2	0	0	0	0	0	—	0	0	0	0	—	—
	Hatching rate	38.2	43.3	62.0	49.2	53.0	48.8	72.4	0	1.6	1.9	13.3	6.6	0	0
	Rate of malformed fry	0	7.7	0	0	0	0	0	—	0	0	0	0	—	—

* G群では既述のように保存液を2回にわたって作製したので，この実験も2回にわけて行なった。

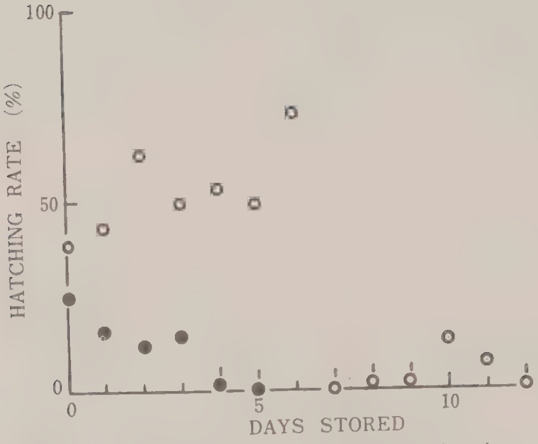

Fig. 26. Hatching rates of eggs fertilized by the spermatozoa stored in two kinds of solutions. Note : ○, GPC-5 solution ; ●, Ringer's solution.

考　　察

受精の目的を達成するには，まず水中に放出された精子が卵子まで到達し，しかもその卵門内に進入しなければならない。したがって人工受精を行ない，良好な受精率および孵化率を得るには，それに用いる精子の運動速度が早く，活動時間が長いと同時に，その運動様式が振子よりも旋回，旋回よりも前進的であることが望ましく，精子の保存を目的とした媒溶液は，そのように優れた活力を長期間保持させるとともに，保存した精子でもって受精し，孵化した仔魚が畸形魚でなくて正常魚であることが条件とされる。

本実験では，精子の保存液として従来魚類に使用されてきたリンゲル氏液よりもＧＰＣ－５液の方が上記の諸条件のすべてにわたってすぐれた結果を得た。ＧＰＣ－５液に収容された精子が長期間にわたって活力を保持できる原因は，葡萄糖による浸透圧の調節およびりん酸ソーダによる精液酸度の緩衝が行なわれることに加えて，葡萄糖が精子の中片部および中心体に存在するグリコーゲンの量を増加，または補う役割をはたしていること，さらに無機塩類の陽イオンによる賦活作用などが考えられ，リンゲル氏液に保存した精子では，それに清水を添加後の運動時間および速度が生鮮精子の場合に比べてほぼ等しいか，または減少するのに対して，ＧＰＣ－５液では顕著な増加を一時期に示し，さらに運動様式が活力の一層大きい様式へと変化することは，以上の事実を裏づけているように思われる。

媒溶液に保存した精子の密度とその活力との関係は，実験範囲内では密度が高いほど活力が長期間保持され，最良の結果は媒溶液中に精巣のまま収容した際に得られた。精子を低密度よりも高密度の状態で保存した方が精子活力の旺盛な原因は，精子1個体当りの運動空間が密度が大きいほど狭小となり，精子の活動が抑制され，エネルギーおよび酸素の消費量が小さくなるためと考える。

精子を収容した媒溶液の温度と精子活力との関係は，高温よりも低温域の方が長期間旺盛な活力を示したが，この結果は従来魚類および多くの家畜で行なわれた諸実験結果と一致した。魚類における温度と精子活力との関係については，森脇（1912）はヒメマスについて体外に取り出した精液を曝気の状態で保存すると，8°Cで66時間活力を示すが，空中遮断の場合はわずかに3時間であるとし，中野・野沢（1925）は木崎湖産マスの精液を曝気の状態で，5.3～13.0°Cに保存し，97時間後においてもなお新鮮な卵子を十分に受精させ

ることができるとした。山本 (1941) は親魚斃死後，体内に保ったワカサギおよびアユの精子の活力について実験を行ない，前者において2.2〜7.5°C では1.5時間までは活力に大差が認められないが，8時間後には全く受精力を失い，また後者において20°C 前後では15〜20分は活力を維持するが，30分以上経過すると受精力を失うとした。

BARRETT (1951) はサケの精液を2.5〜5.8°C で貯蔵し，新鮮な卵子を36時間までは平均90%以上，ある例では7日後にも70%内外受精させる能力があることを報告した。岡田・伊藤 (1955) および岡田ら (1956) はサケについて体外精子の活力保有期間は高温よりも低温の方が長く，5°C で161時間，11°C で77時間，16°C で41.5時間，33°C で4時間とし，保存温度 (x) と活力保有期間 (y) との間に $x(y+1.1)=45$ の実験式を得た。その場合，空気接触の有無により大きな影響を受け，空気接触を遮断すると20°Cで60分以内，11°C で60分，0°C で180分以内で活力を失ない，また死魚体内の精液は，体外の場合と同様に，死後の魚体温が高いほど速かに受精力が減退し，11〜12°C で90分内外，13〜14°C で50分内外，18〜19°C では30分内外を越えると受精力が減退することを報告した。

精子の活力保有期間が高温よりも低温の方が長い原因は，岡田ら (1956) がサケの精液および卵子の各1ccが1時間に消費する酸素量は10.8°C では，それぞれ21mm^3 および2mm^3，また18.7°C では94mm^3 および5mm^{3}で，精液は卵子に比べて多量の酸素を消費し，低温ほど酸素消費量が減少することによって説明できるとしたが，本実験においても同様な理由に基づくと考えられる。

GPC−5液とリンゲル氏液とにそれぞれ保存した精子は，20°C 以下の温度では前者の方が，またそれ以上の温度では後者の方がそれぞれ長期間にわたって生存した。この原因は媒溶液の水素イオン濃度に関連しているように思われる。すなわち媒精時に使用する稀釈液は，中性ないし弱アルカリ性，つまり pH 7.0〜7.6を適当とするが，精子を保存して長くその受精能力を辛じて持継させるためには，精子の活動を抑圧し，できるだけ不動の状態におくことが必要であって，保存液としてはむしろpH 6.8以下，すなわち弱酸性程度の液が適当とされる。しかし媒溶液を加えた精液は保存中に酸性化し，その度合が進むにしたがって精子は不動となりついには死滅する。本実験における保存液の酸性化は，リンゲル氏液ではごくわずかで，しかも保存温度の高低によって大差が認められないが，一方GPC−5液では顕著に大きくて，低温保存では徐々に，また高温保存では急速に行なわれた。この結果からGPC−5液は20°C以下の保存温度では，リンゲル氏液よりも精子の活力保持に対しては既述の通り好影響を与えるが，それ以上の温度では水素イオン濃度の急激な酸性への移行が精子を麻痺させ，リンゲル氏液におけるよりも早期に死滅さす原因となるのであろう。

保存精子の孵化能力実験およびそれと同方法で保存した精子の活力実験（精子の活力に及ぼす保存液の影響）によって，精子の活力と孵化能力との関係について考察すると，前進運動精子の含有期間は，GPC−5液では10日ないし11日間，リンゲル氏液では5日間，また孵化能力所有期間は，前者では11日間，後者では4日間で，両期間はほぼ一致し，精子の活力保有期間は，前者および後者ともに12日間で，孵化能力所有期間とは相違している。精子の活力と受胎率との関係について，KINGMAN (1936) はウシにおいて精子活力の良否は必ずしも受胎の良否と平行しないが，一般に活力の高い場合には受胎率もまた高いといい，さらに HABIBULLIN (1938) によると射精後短時間の精液では，その活力が旺盛な場合受胎率もまた良好であって，たとえば一視野中の精子の80%が旺盛な活力を示している場合には，受胎率もほぼ80%となって活力と受胎率は平行するが，長時間保持すればするほど，両者は平行しなくなり，24時間して活力67〜70%の精液の受胎率は，わずかに31〜36%に過ぎないことを報告したが本実験結果はこれらと同傾向を示しているように思われる。このような精子の活力保有日数と孵化能力所有日数との不一致の原因は，本実験の場合GPC−5液とリンゲル氏液とに保存した精子が，生存日数では大差がなくて，孵化能力保有日数で著しい相違がみられることおよび前進精子の含有期間と孵化能力保有期間とが一致することから，主に精子の運動性に起因し，その様式が前進または一部の旋回運動精子では孵化能力を有するが大部分の旋回精子およびすべての振子運動精子ではその能力が欠除しているものと考えられ，さらに保存日数の増加に伴う精子の畸形化か

1日内とされよう。

精子の保存期間と孵化率との関係は、精子を長期間保存するほど孵化率が低下するのが普通であって、本実験の場合リンゲル氏液に保存した精子では、この傾向が認められるが、ＧＰＣ－５液では保存期間が７日間から10日間および媒精日から６日間の間では、それぞれ期間が長いほど高率となる異常傾向を示した。この異常傾向が現われる原因は、保存液の作製日が媒精日より16日および７日前の２回で、液を作製してからそのなかに精巣を収容する期間が長いほど、その精子による孵化率が低下していることから、その間における保存液中の細菌の増加に影響されるものと思われる。その顕著な例としては、保存日数６日の精子により媒精した卵の孵化率は72.4％に対して、その前日から保存を開始した精子による孵化率は０％で、両者間に大きな相違が認められるが、これらの精巣は保存液を作製してから前者では１日、後者では９日後にそれぞれ収容したものである。試みに保存液を作製してから、それを室温（約15°C）で５日間放置したところ、硫酸塩液には球状、またＧＰＣ－５液の第１液には糸状および球状の細菌が多量、そしてリンゲル氏液およびＧＰＣ－５液の第２液には球状の細菌が少量観察された。これらの細菌は保存液を作製してから精巣を収容するまでの期間が長いほど多量に増加して、酸素および栄養を吸収すると同時に、毒素を排出し、精巣を収容する以前において，精子の生存に悪影響を及ぼす環境をつくることが考えられる。

このような見地から、精子の活力をさらに長期間保持させるには、保存液を無菌の状態に保つか、またはそれを作製してからできるだけ短時間内に精巣を収容することおよび精巣を保存中に再び新らしくつくった媒溶液に移し換えて細菌を少なくし、しかも適当なpHを有する環境にすることが考えられる。

ＧＰＣ－５液の実際的利用に際しては、魔法瓶を使用することにより、比較的容易に目的が達成され、本実験における保存精子の孵化能力保有日数から、わが国と海外諸国との精子輸送も可能と思われる。

摘　　　要

1．精子の保存環境が精子の活力、すなわち運動の様式、時間、速度に及ぼす影響について述べた。

2．精子は魚類精子の媒溶液として従来使用されてきたリンゲル氏液よりもＧＰＣ－５液に保存した方が、その活力所有期間が長い。

A．前進運動の精子が含有される期間は，10.8～13.0°C，平均11.4°C の環境下において，ＧＰＣ－５液に保存した精子では10～12日間，リンゲル氏液では５日間，硫酸塩液では１日以内である。

B．旋回および振子運動の精子は、リンゲル氏液よりもＧＰＣ－５液に保存した精子の方が遅れて出現する。

C．生存精子の含有率は，精子をＧＰＣ－５液に保存した場合に最も高く，つづいてリンゲル氏液，硫酸塩液の順位である。

D．精子の運動速度は，ＧＰＣ－５液に保存した精子の方がリンゲル氏液の場合よりも早い。

E．精子の運動時間は，リンゲル氏液中に保存した精子では，生鮮精子と比べてほぼ等しいか，あるいは減少するのに対して，ＧＰＣ－５液では著しく増大する。

F．精子の運動様式は，生鮮精子と比べてＧＰＣ－５液に保存した精子では，一時期に活力の一層大きい様式へと変化するが，リンゲル氏液の場合は，常に活力の一層劣る様式へと移行する。

3．精子の活力所有期間は、媒溶液中に低密度よりも高密度の状態で保存する方が、実験範囲内では長く、とくに最良の結果は精巣のままの状態で液中に収容した場合に得られた。

4．精子は高温よりも低温下で保存した方がその活力所有期間が長い。

5．精子は 20°C 以下の温度ではＧＰＣ－５液に，それ以上の温度ではリンゲル氏液に保存した方が，その生存期間が長い。

6．7.4～9.4°C のリンゲル氏液およびＧＰＣ－５液に保存した精子の孵化能力所有期間は，前者では４

日間，後者では11日間である。

7. ＧＰＣ－５液に保存した精子により媒精した卵の孵化率は，リンゲル氏液の場合よりも高率である。

8. 畸形魚の出現率はＧＰＣ－５液よりもリンゲル氏液に保存した精子により媒精した方が高率である。

文　　献

1) ATKINS, C. G., 1874 : On the salmon of eastern North American and its artificial culture. *Rept. of Comm. of U.S. Fish and Fisheries*, **2**.

2) BARRET, I., 1951 : Fertility of salmonoid eggs and sperm after storage. *Jour. Fish. Res. Bd. Canada*, **8** (3).

3) HABIBULLIN, C. C., 1938 : Aktivität und Befruchtungs-fähigkeit von Aufbewahrtem Sperma Eines Schafbockes. *Probl. Zhirotn., Jahrg.*, 9, S. **142**.

4) 川村智治郎，1944：鰌類放養の基礎的研究.

5) 森脇幾茂，1912：姫鱒精虫活力保続時間．北水試，第３回事業報告.

6) 中野宗治・野沢　鑑，1925：鱒の卵及び精虫活力試験．水講試報，**21**（２）.

7) 岡田　馬・伊藤哲司，1955：鮭人工孵化における不受精現象の研究—Ｉ．精子の活力と受精力について．水孵試報，**10**（1,2）.

8) ———・石川嘉郎・木村義一，1956：鮭人工孵化における不受精現象の研究—II．精子及び卵子の生存能力について．水孵試報，**11**.

9) RUTTER, C., 1902 : The natural history of the Quinnat salmon. *Bull. U.S. Bur. Fish.*, 22.

10) 芝田清吾，1948：家畜人工授精の研究．明文堂.

11) SMITH, R. T. and E. QUISTORFF, 1943 : Experiments with the spermatozoa of the steel-head trout, *Salmo gairdnerii* and the chinook salmon, *Oncorhynchus tschawytscha*. *Copeia*, 1943.

12) 鈴木　亮，1951：ドジョウの未受精卵の発生（予報）．採集と飼育，**13**（11）.

13) 山本孝治，1941 a．斃死ワカサギの卵及び精子の活力に就いて，水研誌，**36**（11）.

14) ———，1941 b．斃死アユの卵及び精子の活力に就いて，水研誌，**37**（１）.

15) 山本時男，1941 a．受精及び賦活による魚卵表層の変化（第２報）．動雑，**53**（11）.

16) ———，1941 b：魚卵の滲透圧と透過性（１～３）．植動，**9**（４），**9**（５），**9**（６）.

17) ———，1943：魚類の発生生理．養賢堂，東京.

ドジョウの増殖に関する研究—Ⅳ.

投餌量が生産量に及ぼす影響※

久保田善二郎

Foundation Studies in Culturing of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)—Ⅳ. Yields in Relation to the Amount of Given Foods※

By

Zenziro KUBOTA

The expenses of the fish culturing are classified into two large items……one is that of fry and the other is that of the foods. Among them, the latter occupied as much as 39.5 % in the eel (MATSUI, 1939) and about 60 % in the rainbow trout (KATO, 1955). Here, the amount of the fish production does not increase indefinitely with the amount of given food, and when more than a suitable amount of foods were given the excess was not simply unavailable but some harmful results may be induced in some case, for example, this can be the cause of accelerating the deterioration of the culturing water, which further induce a raise in the mortality. Because of the above-mentioned reasons, the author planned a culturing experiment for the purpose of estimating the most suitable amount of food for 0 age loach from the observed relations between the amount of given food and the weight-multiplicating rate, the mortality or the food quotient. And the results are shown in the below.

1) From the economic point of view in culturing of loach, the optimum daily ratio of the foods to be given is estimated in weight to be about 20 % of its own body weight in the loach of one or two months old, but about 5 % in that of about 10 months.

2) It can hardly be considered that the amount of given food has much to do with the individual variation of the size of the loach culturing in the pond.

※ 水産講習所研究業績　第340号，1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 340.
Received June 26, 1961.

ま え が き

養魚経営上の生産費は，種苗費と餌量費とに大別され，そのうち，後者は全生産費に対して，松井 (1939) によるとウナギで39.5%，加藤 (1955) によるとニジマスで約60%を占める。ところで魚の生産量は投餌量が多いほど増大するのではなく，ある限界以上の量を与えると，摂食された餌料成分の多くが完全に消化利用されないために，餌料の増肉に対する効率が劣り，また残餌が多量の場合は池水の悪変を生ずる場合さえあって，損失が大きくなる。したがって合理的に経営を行なうには以上のことを考慮した適正な投餌量のもとで魚を飼育しなくてはならない。

本実験は，ドジョウが孵化後満1年で食用魚に適する大きさに達するところから，0才魚を使用して投餌量と増重倍率，減耗率および餌料係数などとの関係を求め，これらから適切な投餌量を推定する目的で実施した。

本文に入るに先立ち，御校閲を賜わった京都大学教授松原喜代松博士ならびに終始御指導を仰いだ本所教授松井魁博士に感謝の意を表する。

実験の材料および方法

供試魚は第1および第2実験では，孵化後約10ヵ月，第3および第4実験では，それぞれ孵化後約2ヵ月と1ヵ月の魚を使用した。これらの魚は下関市吉見町永田川およびそれに附帯する溝で採捕するか，または同地域で捕獲した親魚から川村の方法で人工採苗するかして得られた稚仔魚を，実験開始時まで養魚池で飼育したものである。

実験池は第1，第2，第3実験では，長さ 190.5 cm，巾 92 cm の水産講習所の養魚池を，それぞれ4，4および3面また第4実験では縦 55 cm，横 40 cm，深さ 40 cm の水槽3個を使用した。

実験期間は，第1実験では1956年4月18日から7月25日までの99日間，第2実験では1957年4月16日から6月14日までの60日間，第3実験では1958年9月5日から10月10日までの36日間，さらに第4実験では1956年7月31日から8月24日までの25日間で，これらの期間を第1実験では5期，第2実験では4期，第3実験では2期にそれぞれ区分し，また第4実験は区分しないでおのおの調査を行なった。

実験方法は上記の種苗を各池または水槽に，第1実験では40.0 g，第2実験では35.1～35.6 g，第3実験では 30.0 g，第4実験では 10.3～10.8 g あてをそれぞれ無作為に抽出して放養し，これらを1日当りの放養魚体重量に対する投餌量によって，第1実験では 10.0，5.0 および 2.5 %群，同じく第2実験では 10.0，5.0，2.0 および 1.0 %群，第3実験では 20.0，10.0 および 5.0 %群，第4実験では20.0，10.0 および 6.7 %群にそれぞれ区分した。また第1実験の別の1群（△群）は，投餌量の変更が魚の生産量にどのように影響を及ぼすかを知る目的で，第Ⅲ期までは1日当り放養魚体重量の 20.0 % を給餌し，第Ⅳ期以後では 1.3 %とした。魚の取揚げは各期の最終日に行ない，群別に生存尾数および魚体重量を求め，密度の補正を行なわないでそのまま再放養した。

餌料の種類・投餌量・給餌方法および摂餌量・増重倍率・減耗率・餌料係数の求め方などは，前報告 (1957) の場合と全く同じである。

各平均体長および平均体重は第1，第2，第4実験の初期（第1実験は第Ⅰ期終了時，第2および第4実験は開始日の前日）と終了日に，それぞれ全個体を測定して求め，群間および実験の初期と終了日との比較を行なった。池水は調査日に換水し，その他の日には完全止水とした。実験期間中の水温については，第1および第2実験では第1図に，第3実験では第2図に，第4実験では第3図にそれぞれ示した。すなわち第

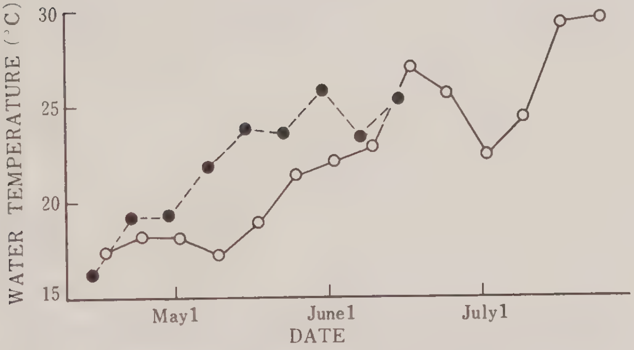

Fig. 1. Weekly mean of the water temperature of the ponds in which the experiments 1 and 2 were carried on.
Note : ○, exp. 1 ; ●, exp. 2.

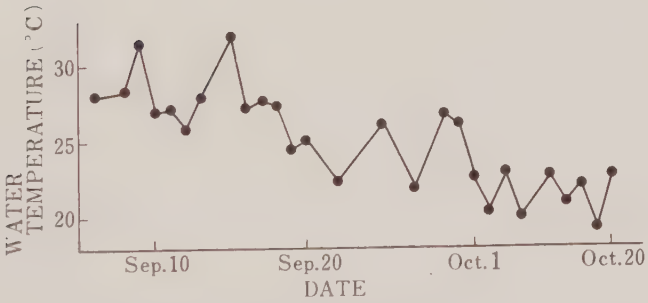

Fig. 2. Daily variation of the water temperature of the pond in which the experiment 3 was carried on.

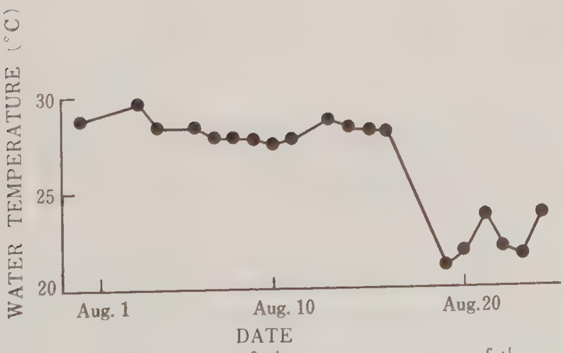

Fig. 3. Daily variation of the water temperature of the pond in which the experiment 4 was carried on.

Table 1. Records at respective steps in the 99-day culturing of loach of 10 months old to examine whether or not the difference in the amount of given food causes the significant difference in the results of culturing (experiment 1).

Period	Days for feeding	Group	At the beginning		At the end		Body weight(g)		Increase in weight(g)	Dead individuals	Amount of food taken(g)
			Total weight(g)	Number of ind.	Total weight(g)	Number fo ind.	Beginning	End			
I From Apr. 18 to May 7	16	10.0%	40.0	29	53.9	27	1.38	2.00	13.9	2	21.7
		5.0〃	40.0	28	50.2	27	1.43	1.86	10.2	1	18.7
		2.5〃	40.0	29	54.5	27	1.38	2.02	14.5	2	15.5
		(20.0%)	40.0	25	50.3	24	1.60	2.10	10.3	1	27.7
II From May 8 to May 27	17	10.0%	53.9	27	79.0	26	2.00	3.04	25.1	1	61.3
		5.0〃	50.2	27	73.0	27	1.86	2.70	22.8	0	33.0
		2.5〃	54.5	27	65.0	27	2.02	2.41	10.5	0	21.6
		△(20.0%)	50.3	24	78.0	24	2.10	3.25	27.7	0	91.8
III From May 28 to June 16	17	10.0%	79.0	26	117.0	26	3.04	4.50	38.0	0	99.9
		5.0〃	73.0	27	110.0	27	2.70	4.07	37.0	0	52.9
		2.5〃	65.0	27	82.0	27	2.41	3.04	17.0	0	27.2
		△(20.0%)	78.0	24	110.0	24	3.25	4.58	32.0	0	157.9
IV From June 17 to July 5	16	10.0%	117.0	26	141.0	25	4.50	5.64	24.0	1	137.7
		5.0〃	110.0	27	123.0	25	4.07	4.92	13.0	2	72.6
		2.5〃	82.0	27	100.0	27	3.04	3.70	18.0	0	32.1
		△ (1.3%)	110.0	24	117.0	24	4.58	4.88	7.0	0	21.7
V From July 6 to July 25	17	10.0%	141.0	25	149.8	24	5.64	6.24	8.8	1	116.8
		5.0〃	123.0	25	131.1	25	4.92	5.24	8.1	0	64.9
		2.5〃	100.0	27	104.8	27	3.70	3.88	4.8	0	39.1
		△ (1.3%)	117.0	24	119.4	24	4.88	4.98	2.4	0	23.4
From Apr. 18 to July 25	83	10.0%	40.0	29	149.8	24	1.38	6.24	109.8	5	437.4
		5.0〃	40.0	28	131.1	25	1.43	5.24	91.1	3	242.1
		2.5〃	40.0	29	104.8	27	1.38	3.88	64.8	2	135.5
		△	40.0	25	119.4	24	1.60	4.98	79.4	1	322.5
From Apr. 18 to June 16	50	10.0%	40.0	29	117.0	26	1.38	4.50	77.0	3	182.9
		5.0〃	40.0	28	110.0	27	1.43	4.07	70.0	1	104.6
		2.5〃	40.0	29	82.0	27	1.38	3.04	42.0	2	64.3
		△(20.0%)	40.0	25	110.0	24	1.60	4.58	70.0	1	277.4

1および第2実験では，いずれも実験開始期から終了期に向かって昇温し，それらの平均水温は，前者では22.6°C，後者では22.0°Cでほぼ等しいが，同一実験期間である4月18日から6月14日までについて比べると，それぞれ19.8°Cおよび22.3°Cで，前者の方が低温である。第3および第4実験中の水温はさきの実験中の場合とは反対に，実験開始期から終了期に向かっていずれも降下し，平均水温は前者では25.0°C，後者では25.1°Cである。

実験結果

A．第1実験の結果

実験結果は第1表に示した通りである。各調査時期における魚体重量は，第I期では各群が50.2～54.5gで，ほぼ等しく，第II期では，2.5%群が他の3群よりもやや劣り，第III期では同群が82.0gに対して他の群が110.0～117.0gで，これらの群との差異は増大する。第IV期以後では，投餌量を放養魚体重量の20.0%から1.3%に変更した△群の増加量が激減し，さらに実験終了期には10.0%，5.0%，△および2.5%群の順位で，魚体は投餌量の多い群ほど重い傾向がみられる（第4図）。

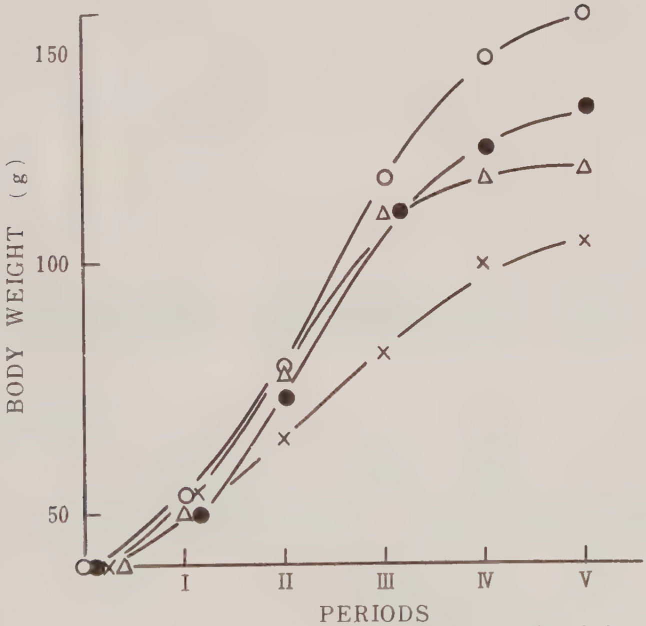

Fig. 4. Increase of body weight of respective groups of loach with the periods of the experiment 1 passing.

Notes : The weight represented by open circle is the total weight of the group to which the food corresponding 10% of total body weight was given every day, that by solid circle is 5%, that by × is 2.5%, respectively ; while the group of the individuals represented by open triangle was fed on food corresponding 20% of total body weight till period III, then the daily ratio was suddenly lessened into merely as much as 1.3%.

第1表に示した測定結果から増重倍率，減耗率および餌料係数を求めた（第2表）。各群の増重倍率は，

Table 2. Differences in the three important coefficients for culturing owing to the difference in the amount of food given, obtained as the results of experiment 1.

Period \ Items / Group	Weight-multiplicating rate 10.0%	5.0 %	2.5 %	△	Mortality 10.0%	5.0 %	2.5 %	△	Food quotient 10.0%	5.0 %	2.5 %	△
Ⅰ	0.35	0.26	0.36	0.26	6.9	3.6	6.9	4.0	1.56	1.83	1.07	2.69
Ⅱ	0.47	0.45	0.19	0.55	3.7	0	0	0	2.44	1.45	2.06	3.31
Ⅲ	0.48	0.51	0.26	0.41	0	0	0	0	2.63	1.43	1.60	4.93
Ⅳ	0.21	0.12	0.22	0.06	3.8	7.4	0	0	5.74	5.58	1.78	3.10
Ⅴ	0.06	0.07	0.05	0.02	4.0	0	0	0	13.27	8.01	8.15	9.75
From Apr. 18 to July 25	2.75	2.28	1.62	1.99	17.2	10.7	6.9	4.0	3.98	2.66	2.09	4.06
From Apr. 18 to June 16	1.93	1.75	1.05	1.75	10.3	3.6	6.6	4.0	2.38	1.49	1.53	3.96

第Ⅰ期には0.26～0.36で，群間の差異はわずかであるが第Ⅱ・第Ⅲ期では2.5％群が残りの3群の1/2～1/3に相当し，著しく小さい値を示す。第Ⅳ期では△群が他群よりも顕著に減少し，さらに第Ⅴ期では0.02～0.07で，すべての群が小さい値を示している。全実験期間を通じての増重倍率は10.0％群が最大で，つづいて5.0％，△および2.5％群の順位で投餌量の多い群ほど，大きい傾向がある。△群の投餌量を放養魚体重量の20.0％に保った4月18日から6月16日までの間の増重倍率は，10.0％および5.0％の各群のそれらとほぼ等しいが（△，10％および5％の各群を通じての増重倍率は1.75～1.93），2.5％群は1.05で前記の3群のそれらに比べて著しく小さい。

斃死魚は第Ⅰ期では全群において，第Ⅱ期から実験終了期までの間では，10.0％および5.0％の両群にだけ出現した。減耗率は全期間では，10.0％群が最も大きく，つづいて5.0％，2.5％および△群の順位で，投餌量の多い群ほど大きい傾向がある。しかし4月18日から6月16日までの間では，投餌量の最も多い△群（20.0%群）が10.0％および2.5％の両群よりも小さく，投餌量との間に相関が認められない。

餌料係数は1・2の例外を除いて各期とも投餌量が多い群ほど大きく，全実験期間を通しての値は，10.0％群が2.5％群の約2倍に相当する。

第Ⅰ期と第Ⅴ期の各終了日における群別の体長，体重の平均値ならびにそれらの変異係数は，第3・第4表に示した通りである。すなわち第Ⅰ期では，体長は62.1～66.3 mm，体重は1.91～2.16 g，体長および体重の変異係数はそれぞれ12.02～15.02と37.03～40.90で，いずれも群間の差異は僅少であるが，第Ⅴ期には体長は81.2～92.3 mm，体重は3.99～6.23 gで，群間に相当な差異を生じ，これらの値は投餌量の少ない群

Table 3. Details of the body length and weight of respective groups of loach measured at the end of the period Ⅰ in the experiment 1.

Group	Range of variation: Body length(cm)	Range of variation: Body weight(g)	Mean: Body length(cm)	Mean: Body weight(g)
10.0%	4.3～7.7	0.5～4.1	6.530±0.104	2.056±0.104
5.0〃	4.3～7.9	0.6～3.3	6.233±0.124	1.907±0.103
2.5〃	4.6～7.9	1.1～3.5	6.211±0.115	2.063±0.101
△	5.1～8.3	1.0～4.2	6.625±0.114	2.158±0.119

Standard deviation		Coefficient of variation	
Body length(cm)	Body weight(g)	Body length	Body weight
0.785±0.072	0.787±0.072	12.021±1.636	38.278±3.991
0.936±0.086	0.780±0.071	15.016±2.044	40.902±4.329
0.867±0.080	0.764±0.070	13.962±1.306	37.033±3.830
0.827±0.080	0.860±0.084	12.483±1.802	39.851±4.458

Table 4. Details of the body length and weight of respective groups of loach at the end of the experiment 1.

Group	Range of variation		Mean	
	Body length(cm)	Body weight(g)	Body length(cm)	Body weight(g)
10.0%	7.3〜10.5	3.4〜10.2	9.225±0.121	6.229±0.248
5.0〃	7.3〜11.2	2.8〜11.1	8.676±0.152	5.330±0.260
2.5〃	6.5〜 9.7	2.0〜 6.1	8.122±0.101	3.991±0.149
△	7.4〜10.2	2.9〜 7.2	9.158±0.094	5.021±0.173

Standard deviation		Coefficient of variation	
Body length(cm)	Body weight(g)	Body length	Body weight
0.876±0.085	1.803±0.175	9.394±0.924	28.950±3.050
1.128±0.108	1.930±0.184	13.001±1.259	36.210±3.876
0.777±0.071	1.150±0.106	9.567±0.887	28.814±2.862
0.684±0.067	1.258±0.123	7.468±0.730	25.054±2.605

ほど小さく，また変異係数は体長・体重ともに5.0％群の方が他の3群におけるよりも著しく大きく，△群が最小で，10.0％群と2.5％群とはほぼ等しい。両期の変異係数を比べると，各群とも第V期の方が小さい。

B．第2実験の結果

実験結果は第5表に示した通りである。各調査時期における魚体重量は，第I期では10.0％，5.0％，2.0％の各群が56.5〜57.2gで互いに近似するが，1.0％群だけは42.5gで，さきの3群におけるよりも軽い。第II期では1.0％群が46.1gに対して，他の群が71.2〜79.5gで，その差異はさらに拡大し，第III期では第II期まで10.0％および5.0％の両群とほぼ同一重量を示してきた2.0％群が脱落し，実験終了期には10.0％群と5.0％群が最大，つづいて2.0％，1.0％群の順位で，1.0％群は10.0％群の約½に相当する（第5図）。

第5表に示した測定結果から増重倍率，減耗率および餌料係数を求めた（第6表）。増重倍率は，第Iおよび第II期では10.0％，5.0％および2.0％の各群がほぼ等しく，これら3群に対して1.0％群が著しく小さい。第III期では，投餌量の多い群ほど大きく，さらに第IV期では，10.0％と5.0％の両群が最大で，2.0％群が最小である。全実験期間を通じての増重倍率は10.0％と5.0％の両群がそれぞれ2.62と2.59で近似し，つづいて2.0％，1.0％群の順位に低い。

斃死魚は2.0％および1.0％の両群にだけ出現し，全実験期間を通じての減耗率は，投餌量の少ない群ほど高率である。

Table 5. Records at respective steps in the 60-day culturing of loach of 10 months old, as the supplementary experiment to the experiment 1 (experiment 2).

Period	Days for feeding	Group	At the beginning		At the end		Body weight(g)		Increase in weight(g)	Dead individuals	Amount of food taken(g)
			Total weight(g)	Number of ind.	Total weight(g)	Number of ind.	Beginning	End			
I	12	10 %	35.6	22	57.2	22	1.62	2.60	21.6	0	17.1
From Apr.		5 〃	35.1	21	57.2	21	1.67	2.72	22.1	0	12.1
16 to		2 〃	35.4	21	56.5	21	1.69	2.69	21.1	0	5.7
Apr. 30		1 〃	35.1	23	42.5	21	1.53	2.02	7.4	2	4.2
II	13	10 〃	57.2	22	73.0	22	2.60	3.32	15.8	0	47.2
From May		5 〃	57.2	21	79.5	21	2.72	3.79	22.3	0	30.6
1 to		2 〃	56.5	21	71.2	21	2.69	3.39	14.7	0	13.9
May 30		1 〃	42.5	21	46.1	21	2.02	2.20	3.6	0	5.2
III	13	10 〃	73.0	22	92.7	22	3.32	4.21	19.7	0	59.3
From May		5 〃	79.5	21	93.0	21	3.79	4.43	13.5	0	41.2
16 to		2 〃	71.2	21	79.1	20	3.39	3.96	7.9	1	18.0
May 30		1 〃	46.1	21	48.4	18	2.20	2.69	2.3	3	6.5
IV	13	10 〃	92.7	22	128.9	22	4.21	5.86	36.2	0	82.3
From May		5 〃	93.0	21	126.1	21	4.43	6.00	33.1	0	50.1
31 to		2 〃	79.1	20	92.8	20	3.96	4.64	13.7	0	20.8
June 14		1 〃	48.4	18	60.6	18	2.69	3.37	12.2	0	6.5
From Apr.	51	10 〃	35.6	22	128.9	22	1.62	5.86	93.3	0	205.9
		5 〃	35.1	21	126.1	21	1.67	6.00	91.0	0	134.0
16 to		2 〃	35.4	21	92.8	20	1.69	4.64	57.4	1	58.4
June 14		1 〃	35.1	23	60.6	18	1.53	3.37	25.5	5	22.4

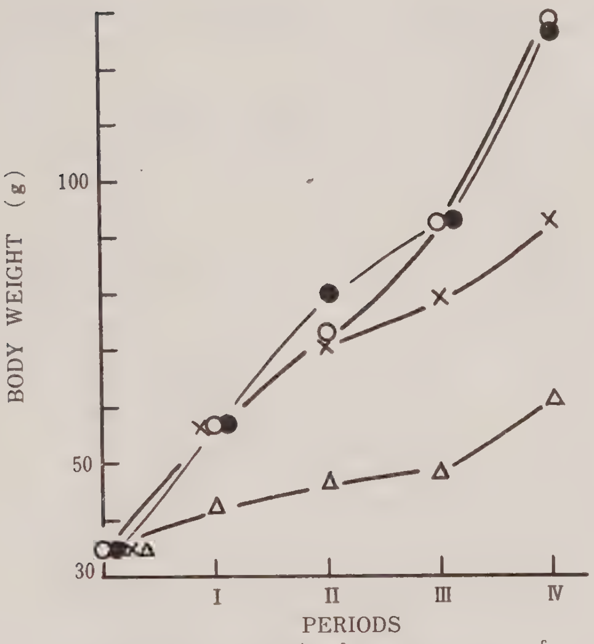

Fig. 5. Increase of body weight of respective groups of loach with the period in the experiment 2 passing. Notes : ○, fed on 10 % of food on body weight ; ●, 5% ; ×, 2 % ; △, 1 %.

Table 6. Three important coefficients for culturing, obtained as the results of the experiment 2.

Period \ Group	Weight-multiplicating rate				Mortality				Food quotient			
	10 %	5 %	2 %	1 %	10 %	5 %	2 %	1 %	10 %	5 %	2 %	1 %
I	0.61	0.63	0.60	0.21	0.0	0.0	0.0	8.7	0.79	0.55	0.27	0.57
II	0.28	0.39	0.26	0.08	0.0	0.0	0.0	0.0	2.99	1.37	0.96	1.44
III	0.27	0.17	0.11	0.05	0.0	0.0	4.8	14.3	3.01	3.05	2.28	2.83
IV	0.39	0.36	0.17	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0	2.27	1.51	1.52	5.33
From Apr. 16 to June 14	2.62	2.59	1.62	0.73	0.0	0.0	4.8	21.7	2.21	1.47	1.02	0.88

ほど餌料係数は，第I期では各群とも 1.0以下で，人工餌料以外に，放養前から発生していた天然餌料を相当量捕食したことを示し，全実験期間を通しての係数値は，投餌量の多い群ほど大きく，10.0 % 群では5.0 %群の 1.5 倍，2.0 % 群の 2.2 倍，1.0 % 群の 2.5 倍にそれぞれ相当する。

実験の開始期と終了期における群別の体長，体重の平均値ならびにそれらの変異係数は，第 7・第 8 表に示した通りである。すなわち各群の体長および体重は実験開始期ではそれぞれ 57.2〜59.5 mm，1.54〜1.72 g で近似するが，実験終了期では，それぞれ 76.2〜88.5 mm，3.46〜6.09 g で群間に差異を生じ，10.0 % 群と 5.0 % 群が最も大きく，1.0 % 群が最小である。また各群の体長および体重の変異係数は，実験開始期ではそれぞれ 7.86〜11.08および 12.98〜15.98で，群間に多少の相違がみられるが，終了期には，前者では6.71〜7.83でほぼ等しく，後者では10.0 % 群が 14.04で最大値，1.0 % 群が 10.17で最小値を示し，投餌量の多

Table 7. Details of the body length and weight of respective groups of loach on April 15, 1957, the day before the beginning of the experiment.

Group	Range of variation		Mean	
	Body length(cm)	Body weight(g)	Body length(cm)	Body weight(g)
10 %	5.1～6.7	1.0～2.4	5.954±0.066	1.591±0.031
5〃	4.4～6.8	0.8～2.4	5.948±0.078	1.610±0.030
2〃	4.5～6.8	0.7～2.5	5.928±0.096	1.719±0.036
1〃	4.4～6.7	0.7～2.4	5.718±0.088	1.539±0.034

Standard deviation		Coefficient of variation	
Body length(cm)	Body weight(g)	Body length(cm)	Body weight(g)
0.468±0.047	0.217±0.022	7.860±0.799	13.639±1.414
0.534±0.055	0.209±0.020	8.977±0.934	12.981±1.371
0.657±0.068	0.248±0.024	11.082±1.165	14.426±1.531
0.624±0.062	0.246±0.023	10.912±1.095	15.984±1.629

Table 8. Details of the body length and weight at the end of the experiment 2.

Group	Range of variation		Mean	
	Body length(cm)	Body weight(g)	Body length(cm)	Body weight(g)
10 %	7.6～ 9.9	3.7～10.1	8.846±0.085	5.520±0.111
5〃	7.7～10.0	3.5～ 9.6	8.852±0.102	6.090±0.123
2〃	7.2～ 9.5	2.7～ 7.1	8.430±0.092	4.590±0.088
1〃	6.3～ 8.6	2.1～ 5.1	7.622±0.084	3.461±0.055

Standard deviation		Coefficient of variation	
Body length(cm)	Body weight(g)	Body length(cm)	Body weight(g)
0.594±0.060	0.775±0.075	6.714±0.683	14.039±1.456
0.693±0.071	0.835±0.083	7.828±0.815	13.711±1.455
0.614±0.066	0.588±0.059	7.283±0.776	12.810±1.386
0.526±0.059	0.352±0.037	6.901±0.776	10.170±1.155

い群ほど大きい。さらに両期の係数値を比べると、開始期より終了期のものが体長では各群とも小さく、体重では投餌量の多い10.0％および5.0％の両群で大きく，投餌量の少ない2.0％および1.0％の両群で小さい。

C．第3実験の結果

実験結果は第9表に示した通りである。この表から増重倍率、減耗率ならびに飼料係数を求めた（第10表)。

増重倍率は、第Ⅰ期では20.0％群が他の2群の約2倍で著しく大きいが、第Ⅱ期では第Ⅰ期に比べて各群とも小さく、20.0％群と10.0％群は同一値を示し、全期間を通じての倍率は20.0％群が最大、5.0％群が最小で、投餌量の多い群ほど大きい。斃死魚は20.0％群と10.0％群とに2尾ずつ生じ、5.0％群では

Table 9. Records at respective steps in the 36-day culturing of loach of 2 months old, carried out to find whether the same relation as in experiment I can also be found in far younger stage or not (experiment 3).

Period	Days for feeding	Group	At the beginning: Total weight (g)	At the beginning: Number of ind.	At the end: Total weight (g)	At the end: Number of ind.	Body weight (g): Beginning	Body weight (g): End	Increase in weight (g)	Dead individuals	Amount of food taken (g)
Ⅰ From Sept. 5 to Sept. 25	15	20 %	30.0	25	61.2	23	1.20	2.66	31.2	2	46.4
		10 〃	30.0	24	45.0	24	1.25	1.88	15.0	0	25.9
		5 〃	30.0	24	44.7	24	1.25	1.86	14.7	0	15.4
Ⅱ From Sept. 26 to Oct. 10	14	20 〃	61.2	23	67.0	23	2.66	2.91	5.8	0	49.7
		10 〃	45.0	24	48.9	22	1.88	2.22	3.9	2	29.6
		5 〃	44.7	24	46.2	24	1.86	1.93	1.5	0	15.7
From Sept. 5 to Oct. 10	29	20 〃	30.0	25	67.0	23	1.20	2.91	37.0	2	96.1
		10 〃	30.0	24	48.9	22	1.25	2.22	18.9	2	55.5
		5 〃	30.0	24	46.2	24	1.25	1.93	16.2	0	31.6

Table 10. Differences in the three important coefficients for culturing of loach owing to the difference in the amount of given food, obtained as the results of culturing in far younger stage.

Period \ Group	Weight-multiplicating rate			Mortality			Food quotient		
	20 %	10 %	5 %	20 %	10 %	5 %	20 %	10 %	5 %
Ⅰ	1.04	0.50	0.49	8.0	0	0	1.49	1.73	1.08
Ⅱ	0.09	0.09	0.03	0	8.3	0	8.57	7.59	10.47
From Sept. 5 to Oct. 10	1.23	0.63	0.54	8.0	8.3	0	2.60	2.94	1.95

皆無であった。餌料係数は各群とも第Ⅰ期よりも第Ⅱ期の方が大きく，全期間を通じての値は 10.0 % 群が最大，5.0 % 群が最小である。

D．第4実験の結果

実験結果は第11表に示した通りである。この表から諸係数値を求めた（第12表）。増重倍率は 20.0 %群が最大，6.7 %群が最小で，投餌量の多い群ほど大きく，減耗率は 6.7 %群が最大，10.0 %群が最小で，投餌量との間に相関が認められない。また餌料係数は 20.0 %群が最大，6.7 % 群が最小で投餌量の多い群ほど，

Table 11. Results of 25-day culturing in about one month old loach (experiment 4).

Period	Days for feeding	Group	At the beginning: Total weight(g)	At the beginning: Number of ind.	At the end: Total weight(g)	At the end: Number of ind.	Increase in weight(g)	Dead individuals	Amount of food taken (g)
From July 31 to Aug. 24	21	20.0 %	10.3	23	16.2	22	5.9	1	37.6
		10.0 〃	10.8	28	14.2	27	3.4	1	16.3
		6.7 〃	10.8	27	13.2	25	2.4	2	8.7

Table 12. Differences of the three important coefficients for culturing owing to the differences in the amount of given food, obtained as the results of experiment 4.

Group / Period	Weight-multiplicating rate			Mortality			Food quotient		
	20.0 %	10.0 %	6.7 %	20.0 %	10.0 %	6.7 %	20.0 %	10.0 %	6.7 %
From July 31 to Aug. 24	0.57	0.31	0.22	4.3	3.6	7.4	6.37	4.79	3.63

餌料の効率が劣る。

実験の開始期および終了期における平均体重およびその変異係数は第13・第14表に示した通りである。すなわち平均体重および変異係数は，開始期では群間の差異が僅少であるが，終了期には，前者において20.0％群が，また後者において10.0％群が他の2群よりも著しく大きい値を示す。実験終了時の変異係数は，開始期のそれにくらべて，10.0％群では大きく，20.0％群では逆に小さく，そして6.7％群ではほぼ同一である。

Table 13. Details of the body weight of fry on July 30, 1957, the day before the beginning of the experiment.

Group	Range of variation	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation
20.0 %	0.2～0.7	0.448±0.019	0.138±0.013	30.803±3.341
10.0〃	0.2～0.6	0.386±0.016	0.122±0.011	31.606±3.119
6.7〃	0.3～0.8	0.400±0.015	0.115±0.010	28.750±2.855

Table 14. Details of the body weight of fry at the end of the experiment 4.

Group	Range of variation	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation
20.0 %	0.4～1.0	0.736±0.028	0.194±0.020	26.358±2.862
10.0〃	0.2～0.9	0.526±0.028	0.214±0.020	40.684±4.305
6.7〃	0.3～0.8	0.528±0.020	0.154±0.014	29.166±3.010

E. 総　　括

放養時における供試魚の年令は，第1および第2実験ではともに10ヵ月，第3および第4実験ではそれぞれ2ヵ月と1ヵ月であるから，第1と第2実験，第3と第4実験とをそれぞれ総合して，投餌量と諸係数値との関係を求めた。

すなわち10ヵ月魚では，投餌量と増重倍率との関係は曲線で示され，後者は前者が5％までは急激に，それ以上では緩慢に増加し（第6図），また投餌量と餌料係数との関係は直線で示され，後者は前者が増加するほど大きい（第7図）。

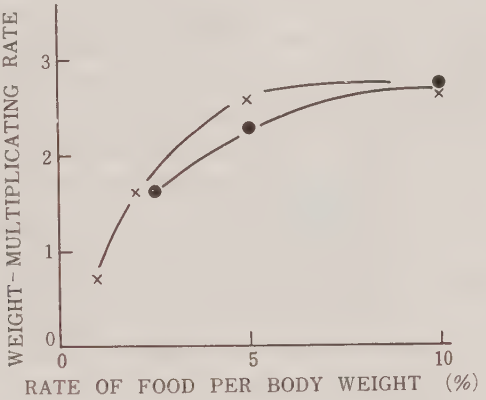

Fig. 6. Weight-multiplicating rate of loach cultured at respective rates of food per body weight obtained from the results of the experiments 1 and 2.
Note : ●, exp. 1 ; ×, exp. 2.

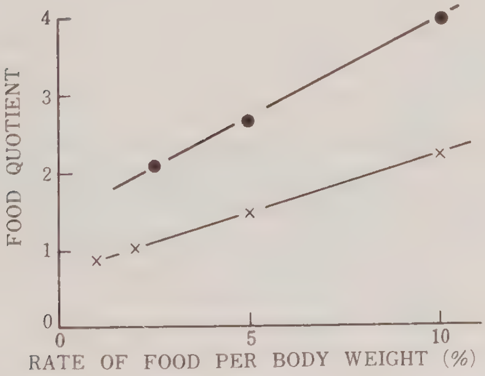

Fig. 7. Food quotient of loach cultured at respective rates of food per body weight obtained from the results of the experiments 1 and 2.
Note is the same as in Fig. 6.

1および2ヵ月魚では，増重倍率および餌料係数は，投餌量が多いほど大きい傾向がある（第8・第9図）。減耗率は第1および第3実験では投餌量が多いほど，また第2実験では逆に少ないほど高率で，これらの実験結果から投餌量と減耗率との相関々係は認められない。

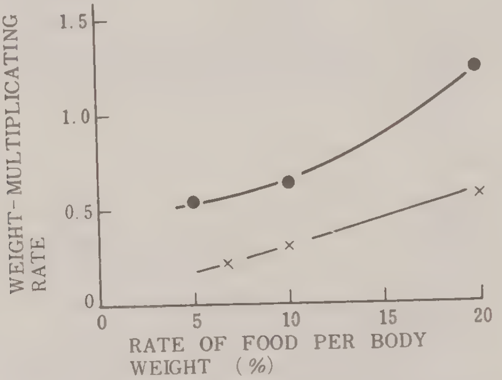

Fig. 8. Weight-multiplicating rate of loach cultured at respective rates of food per body weight obtained from the results of the experiments 3 and 4.
Note : ●, exp. 3 ; ×, exp. 4.

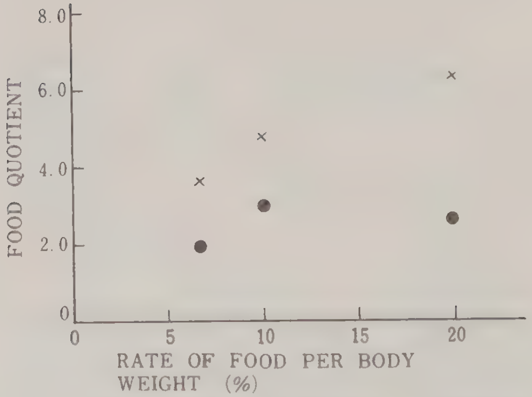

Fig. 9. Food quotient of loach cultured at respective rates of food per body weight obtained from the results of the experiments 3 and 4.
Note is the same as in Fig. 8.

考　　察

田中（1948）はドジョウに対する蛹の餌料係数について実験を行ない，蛹は煮沸または粉末にし，さらに腐敗させてもドジョウに直接捕食されないが，微生物の増殖を招き，間接的に有効であり，その餌料係数は

1.6であると報告した。しかし，著者は次の理由から蛹を直接に捕食すると考える。すなわち，蚕蛹と米糠とを給餌した場合，1）ドジョウは晴天時には日蔭に，そして曇天時には餌場の周辺に多く集合する（久保田,1961)。2）投餌後数分すると，餌を入れた磁製皿の附近に密集する。3）投餌量が少量の場合には，与えた餌を全部食い尽すことから，米糠と蛹粉とを塊状にした餌料のうち，前者のみを捕食するとは考えられない。4）増重倍率は天然餌料がほとんど発生していない水槽においても，投餌量の多少によって相違する，などである。著者は常に蛹をチョッパーで粉末とし，それをさらに網目1 mm のふるいにかけて調餌するが，ドジョウはふるいに残った粉末は大きすぎて捕食しない。そしてこのようなところに著者の見解との間に相違の原因が考えられる。

増重倍率は，第3実験の第Ⅰ期および第4実験ではいずれも最多投餌量区の20.0％群が最も大きく，また第3実験の第Ⅱ期に 20.0％と10.0％の両群が同一値を示したことから，孵化後1～2ヵ月魚の1日当りの適正投餌量は，放養魚体重量の約20％量と考える。

次に孵化後10ヵ月の魚では，増重倍率が5.0％群と10.0％群とで，第1および第2実験ともに顕著な差異が認められず，しかも餌料係数が投餌量の増加に伴って大きくなるから，投餌量は放養魚体重量の約5％量が適当であろう。そして魚体重維持餌料量は，第1実験の投餌量変更後の△群（1.3％）および第2実験の1.0％群における体重増加曲線（第4・第5図）の度合から，1％またはそれ以下と考える。

餌料係数は投餌量が少ない群ほど小さい値を示したが，これは給餌量が少ないほど，栄養成分が体内により完全に吸収されること，および摂餌量のうち，天然餌料量の占める割合が大きいことに起因しているように思われる。

また餌料係数は，飼育日数の増加に伴って増加する傾向がみられるが，この原因は魚の成長に伴う生息密度の増大および小型魚よりも大型魚の餌料効率が劣ることによると考える。

実験期間が長期にわたった第1および第2実験において，体長および体重の変異係数は1•2の例外を除いて，その開始期よりも，終了期の方が小さく，さらに群間の差異が一般的に小さいから，投餌量の多少が変異係数に影響を及ぼすとは考えられない。この事実は松井（1952）のウナギおよび中村（1955）のコイにおける実験結果と相違する。すなわち餌料を豊富に与えた場合に比較して，餌料の乏しい場合の方が，魚体の大きさの変異度は，ウナギでは小さく，コイでは逆に大きいとし，その原因について，前者は，投餌量が少ないと摂餌不十分に基づく抵抗性が欠除した群を生じ，互いに友食の犠牲となるか衰弱斃死し，生存競争に基づく自然的淘汰によって逐次同大，同重の群が残存するために，投餌量の多い群に比較して変異係数が小さく，また後者は「トビ」が孵化仔魚を無投餌に放置した場合に出現しないで，ミジンコを与えて20日間飼育すると早くも現われ，また個別に飼育すると現われないが，仔魚の1群を同一容器内で飼育すると現われることなどから，餌料に対する競争が「トビ」の出現の大きな現因の1つであるとそれぞれ考えた。これらの結果と本実験結果とが相違した原因は，ドジョウでは摂餌上，大型魚が小型魚を圧迫するような競合や友食いを行なわないことによるものと思われ，魚体の大きさの変異度が生産量に影響を及ぼさないこと（久保田ら，1957)，および少ない投餌量のもとで飼育しても，尾数の減耗が少ないことは，以上の事項を裏づけしているように思われる。そして成長速度は大型魚よりも小型魚の方が早いから，常に均衡化され，したがって係数値は実験開始期よりも終了期の方が，小さい値を示したものと思われる。

摘　　要

1．ドジョウの養魚経営上，1日当りの適正投餌量は孵化後1～2ヵ月魚では放養魚体重量の約20％，また10ヵ月魚では約5％である。

2．投餌量が魚体の大きさの変異度に影響を及ぼすとは考えられない。

文　　献

1) 加藤舜郎, 1955：日本のニジマスと冷凍. 温故堂, 東京.
2) 久保田善二郎・松井　魁・白羽根元二・吉武嘉甫, 1957：ドジョウの増殖に関する研究－I. 種苗の魚体の大きさが生産量に及ぼす影響. 本報告, **7** (1).
3) ――――――, ドジョウの生態に関する研究－I. 生態的分布. 本報告, **11** (1).
4) 松井　魁, 1952：日本産鰻の形態, 生態並びに養成に関する研究. 本報告, **2** (2).
5) 中村中六・笠原正五郎, 1955：トビゴイに関する研究－I. トビの現れる時期に就いて. 日水誌, **21** (2).
6) 田中小治郎, 1948：鮨養魚人工餌料蛹の間接餌料係数について. 香川水試報, **2** (2).

ドジョウの増殖に関する研究—V.

卵胞ホルモンによる性転換について※

久保田善二郎・松井　魁・西川昇平・関屋　正

Foundation Studies in Culturing of the Japanese Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)—V. Sex Reversal induced by Follicular Hormone※

By

Zenziro KUBOTA, Isao MATSUI, Syohei NISHIKAWA and Tadashi SEKIYA

Since BERKOWITZ (1941) induced successfully the sex reversal in the guppy by estrogen given through mouth, many workers such as OKADA (1943 and 1944) and YAMAMOTO (1954, 1956 and 1958) applied themselves to inducing this phenomenon in the fish, chiefly from pure scientific interest. But the author intended to induce the sex reversal from practical point of view paying special attention to the fact that the female can grow up far more rapidly than the male. And the results of the experimental culturing planned to induce the sex reversal by giving the foods added to follicular hormone are shown in the below.

1) Each of three groups of the loach shorter than 45 mm in body length was fed on two kinds of foods for 40 days ; *i.e.*, a half is fed on the pupae of silk-worm mixed the rice-bran (these groups are called the control groups) and the other half is fed on this foods mixed the follicular hormone (experimental groups).

2) The rates of occurrence of the female individuals to total in respective control groups are 54, 56 and 57 % respectively. While those in respective experimental groups are raised into 82, 91 and 100 % respectively, and the higher rate of female individuals is observable in the group in which the smaller frys are fed on.

3) The pectoral fin of the female individuals in the experimental group is longer than that of the control group, and *vice versa* in the male ; and the anal fin of the male individuals in the experimental group is shorter than that of the control group.

※ 水産講習所研究業績　第341号，1961年6月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 341.
Received June 26, 1961.

4) The lamina circularis, which develops at the base of second pectoral ray, is very frequently abnormal in shape in loaches of the experimental group, and it is smaller in those of the experimental group than in that of the control group.

ま え が き

魚類の性の人為的転換については，BERKOWITZ (1941) はグッピー *Lebistes reticulatus* の稚魚に適量のエストロジェンを経口的に与えると，注射した時より雌化しやすいことを，岡田 (1943) はメダカにおいて，雄の個体に雌性ホルモンである diethyl-stilboestrol および oestriol を皮下注射して，その精巣に卵子を形成させ，さらに同氏 (1944) はメダカ類の1種タップ・ミンノーにおいて若い雄個体に雌性ホルモンである diethyl-stilboestrol の結晶を約3ヵ月にわたって数回皮下注射したところ，精巣中で雄性細胞は退化して卵子が形成されたことを報告している。山本 (1954, '56, '58) はメダカの仔魚を孵化直後から一定の稚魚の段階まで，メチル・テストステロン含有餌料で飼育すると，遺伝的雌XXは性分化の転換をおこして，機能的な雄になるが，その雄と正常雌XX♀♀と交雑した結果，その子は全部雌だけであって，性転換雄の性の遺伝子型がXXであることを確証した。

著者は本実験において，雌の成長度が雄に勝ること（久保田，1961 c），つまり養魚経営的立場から，性を人為的に制御して雌のみを出現させることができるかどうかを知る目的で，卵胞ホルモン添加餌料によって性転換を試みた。

本文に入るに先立ち，御校閲を賜わった京都大学教授松原喜代松博士に感謝の意を表する。

実験の材料および方法

実験は1959年9月8日から10月17日までの40日間，水産講習所の試験池で行なった。使用した池の面積は1.66 m^2 (0.5坪)，池数は6個である。供試魚は1959年9月1日から3日にかけて，下関市吉見町永田川下流附近の溝で採集した魚のうちから体長45 mm 以下，つまり性が未分化の状態（久保田，1961 a）にあるものと思われるもの108尾を選んで使用した。実験方法は，まず供試魚の尾数を実験群と対照群とに2等分し，さらにこの両群をおのおの3等分して6群をつくった。各群の放養尾数，量および1尾当りの平均体重は第1表に示した通りである。ここでとくに注意を要する点は，実験群においてD群はE群よりも 0.1 g，E群

Table 1. Outline of each group of loach at the beginning of the experiment on the sex reversal caused by follicular hormone.

Group		Number of individuals	Total weight(g)	Average body weight(g)
Control	A	18	15.4	0.86
	B	〃	14.8	0.82
	C	〃	14.0	0.78
Experiment	D	〃	15.2	0.84
	E	〃	13.4	0.74
	F	〃	12.1	0.67

はF群よりも 0.07 g 重いこと，つまり各群間において種苗の大きさの差異を設けたことである。対照群の餌料は主餌料のみで，蚕蛹と米糠とを乾燥重量比2：1の割合に混ぜて煮沸したもの，また実験群では主餌

料にオバホルモンB錠* （帝国臓器製薬株式会社製）粉末を添加したもので，これらのうち主餌料は放養魚体重量の1／10量を，またオバホルモンは各群につき1錠あてを1日1回与えた。給餌方法は餌料を練り固めて磁製皿に入れ，さらにその皿は，摂餌運動による餌料の散乱を防ぐために池中にあらかじめ用意された直径23.5 cm，深さ8.5 cmの洗面器の底部に安置した。なお残存餌料は，池水の腐敗を防止するために給餌の際に除去した。飼育期間中の池水の温度範囲は17.2〜30.2°C，平均水温は23.9°Cである。

雌雄の出現尾数の調査は，実験終了後生魚の状態で行なうとともに，さらに10%ホルマリン溶液に固定後，解剖顕微鏡下で胸鰭の形，その第2鰭条の長さおよび太さ，骨質薄板 lamina circularis の有無によりきわめて正確に行なった。

実験群と対照群との性徴形質の比較方法は，まず胸鰭，腹鰭，臀鰭，尾鰭および背鰭の各長さを測定し，さらにこれらの各測定値の体長に対する百分率（以下係数値とよぶ）の平均値を群別に求めた。両群の平均値間において差異を認めることのできる限界は次式によって規定した。

$$4\sqrt{(Ep\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2} \leqq |M_E \sim M_C|$$

ただし，Eは実験群，Cは対照群，$p\varepsilon$ は標準誤差，Mは平均値である。

胸鰭の雌雄による形態的差異は，ドジョウの性徴のうち最も著しく，しかも早期に出現する形質である（久保田，1961 a）。そこで本実験は，実験群では雌5尾，雄3尾，対照群では雌雄ともに2尾の胸鰭をHOLLISTER（1934）の方法にしたがって透明標本とし，とくに骨質薄板の形について両群間の比較を行なった。次に生殖腺の比較は10%のホルマリン溶液に固定したものをパラフィン法により厚さ10μの切片とし，デラフィールド Haematoxlin-eosin で染色を施して顕微鏡下で行なった。

各群の実験期間中における減耗率（N）および増重倍率（W）は次式によって求めた。

$$N=100(n_0-n_1)/n_0,\ W=100(w_1-w_0)/w_0$$

この n_0 と n_1 はそれぞれ放養時と収納時における尾数，w_0 と w_1 は同じく魚体重量である。

実 験 結 果

A. 雌雄の出現率の比較

実験終了時における各群の性比は第2表に示した通りである。雌の総数に対する出現率は，対照群ではA群55.5％，B群53.8％，C群57.1％に対して，実験群ではD群81.8％，E群90.9％，F群100.0％で両群間

Table 2. Sex ratios of each group of loach at the end of the experiment.

Group	Number of individuals			{♀/(♀+♂)}×100
	♀	♂	Total	
A	5	4	9	55.5
B	7	6	13	53.8
C	8	6	14	57.1
D	9	2	11	81.8
E	10	1	11	90.9
F	12	0	12	100.0

* 1錠中にエストロン0.05 mg（500単位），エチニルエストラジオール0.005 mg（500単位 Allen-Doisy法）およびビタミンB_1 3 mgを含有する。

に大きい差異が認められ，この後者の群のうちでは放養時の魚の大きさが小さい群ほど雌の出現率は大きい。

B．性徴形質の比較

測定した主な性徴形質の平均値は第3表に示した通りである。この表から実験群と対照群との平均値間における差の信頼度を求めた（第4表）。

Table 3. Mean value of each of the five distinct secondary sexual characters observed in both the control groups and the experiment ones.

Group	Character	Sex	Range	M	σ	C
Control	P L / L × 100	♀	7.6～10.5	9.08±0.11	0.76±0.08	8.37±0.87
		♂	8.2～11.7	12.46±0.22	1.38±0.16	11.07±1.29
	V L / L × 100	♀	5.7～ 8.3	6.75±0.10	0.69±0.07	10.22±1.07
		♂	6.1～ 9.5	7.72±0.13	0.83±0.09	10.75±1.25
	A L / L × 100	♀	6.3～10.7	8.54±0.15	1.03±0.11	12.06±1.27
		♂	7.4～12.0	8.81±0.20	1.19±0.13	13.50±1.59
	C L / L × 100	♀	13.9～17.4	15.97±0.13	0.90±0.09	5.63±0.58
		♂	13.7～18.2	16.07±0.20	1.18±0.13	7.34±0.84
	D L / L × 100	♀	7.5～10.8	9.20±0.13	0.85±0.09	9.23±0.96
		♂	7.9～12.3	9.84±0.19	1.17±0.13	11.89±1.38
Experiment	P L / L × 100	♀	8.2～11.7	10.20±0.19	1.61±0.13	15.78±1.38
		♂	10.7～11.9	11.25±0.16	0.41±0.11	3.64±1.01
	V L / L × 100	♀	5.2～ 8.8	7.01±0.09	0.72±0.06	10.27±0.88
		♂	6.4～ 7.9	7.25±0.28	0.71±0.20	9.79±2.70
	A L / L × 100	♀	6.4～10.0	8.32±0.11	0.92±0.08	11.05±0.95
		♂	7.4～ 8.3	7.75±0.16	0.41±0.11	5.29±1.46
	C L / L × 100	♀	13.5～17.5	15.72±0.10	1.29±0.11	8.20±0.70
		♂	15.3～17.4	16.25±0.32	0.82±0.22	5.04±1.39
	D L / L × 100	♀	7.7～10.6	9.09±0.11	0.97±0.08	10.67±0.92
		♂	8.1～10.8	9.92±0.36	0.94±0.26	9.47±2.61

Abbreviations : M, mean ; σ, standard deviation ; C, coefficient of variation.

Table 4. Differences observed between the mean values of the sexual charecters of the control groups and of the groups under experiment and their reliabilities.

Character	Sex	$\mid M_E - M_C \mid$	$\sqrt{(Ep\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2}$	$\dfrac{\mid M_E - M_C \mid}{\sqrt{(Ep\varepsilon)^2+(Cp\varepsilon)^2}}$
P L / L × 100	♀	1.12	0.22	5.09
	♂	1.21	0.28	4.32
V L / L × 100	♀	0.26	0.14	1.86
	♂	0.47	0.30	1.57
A L / L × 100	♀	0.22	0.17	1.29
	♂	1.06	0.26	4.10
C L / L × 100	♀	0.25	0.17	1.47
	♂	0.18	0.37	0.49
D L / L × 100	♀	0.11	0.17	0.65
	♂	0.08	0.41	0.20

a．**胸鰭の長さ**：対照群と実験群における係数値（胸鰭の長さ／体長，%）の平均値は，雌ではそれぞれ9.08と10.20，また雄では12.46と11.25，両群の平均値間における差の信頼度は，前者が5.09後者が4.32で，

雌雄ともに有意差が認められる。すなわち実験群の胸鰭の長さは対照群のそれに比べて雌では長く，雄では逆に短く，したがってその雌雄差は小さい。雌の変異係数は実験群では15.8，対照群では8.4で，前者の方が後者よりも大きい。

b．**腹鰭の長さ**：係数値（腹鰭の長さ／体長，%）の平均値は，雌では対照群と実験群とにおいてそれぞれ6.75と7.01，雄では7.72と7.25，両群の平均値間における差の信頼度は前者1.86，後者1.57で雌雄ともに群間の平均値の差異は認められない。

c．**臀鰭の長さ**：係数値（臀鰭の長さ／体長，%）の平均値は雌では対照群 8.54，実験群 8.32，雄では同様に8.81と7.75，両群の平均値間における差の信頼度は前者1.29，後者4.10で，有意差は雄だけに認められる。各群別に雌雄の平均値を比較すると，対照群では雄の方が，実験群では逆に雌の方が大きい。

d．**尾鰭の長さ**：係数値（尾鰭の長さ／体長，%）の平均値は，雌では対照群 15.97，実験群 15.72，雄では同じく16.07と16.25，両群の平均値間における差の信頼度は前者1.47，後者0.49で，いずれも有意差が認められない。

e．**背鰭の長さ**：係数値（背鰭の長さ／体長，%）の平均値は，雌では対照群 9.20，実験群 9.09，雄ではそれぞれ9.84と9.92で，両群の平均値間における差の信頼度は0.65と0.20を示し，有意差は認められない。

次に胸鰭の形状を透明標本により比較した（第1図）。ドジョウの雄は普通体長が 53 mm 前後に達すると，

Fig. 1. Comparison of the pectoral fin of the group fed on the follicular hormone added to foods with that of control group. Pay attention that the lamina circularis of the hormone added to group can not develop so conspicuously as that of control group. Notes : A and B, male of control group ; C, female of the same group ; D, E and F, male of the experiment group ; G and H, female of the same group.

胸鰭の第2鰭条の背面基部に骨質薄板が現われ始め後方に板状に発達し，体長が 58 mm になると，河川産では第9鰭条までをおおう（久保田，1961 a）。この骨質薄板は塚原（1948）が報告したように，産卵時に雄の体を雌に固着するために用いられ，その後縁にはノコギリ状の小さな刻みがある。さて対照群における

雄2尾（第1図AおよびB，体長69.5mmと66.2mm）の胸鰭第2鰭条はいずれも他の鰭条よりも長く，太く，また骨質薄板は第6～第7鰭条までをおおい，その板でおおわれない鰭条数はともに3本である。一方実験群の胸鰭第2鰭条は他の鰭条よりも長く太いが，対照群のそれに比べると，上述したように短く，そして幾分細い。また骨質薄板はNo.1の個体（第1図D，体長68.0mm）では第7鰭条までをおおい，あとに2鰭条を残し，ほぼ対照群と一致するが，No.2（第1図E，体長64.8mm）では第6鰭条まで，No.3（第1図F，体長72.0mm）では第4鰭条までをおおい，残余鰭条数はそれぞれ4本と7本で，対照群よりも多い。このように実験群雄の胸鰭の形状は対照群と著しく相違し，その性徴形質の発達はよくない。一方雌の胸鰭の長さは上述の検定から両群間に差異が認められたが，その形状はほぼ類似している。しかし，実験群のうちの1尾（第1図G，体長64.9mm）は，第2鰭条が第3鰭条よりも長く，しかも他のいずれの鰭条よりも太く，その基部で雄ならば骨質薄板が形成される部位が膨らみ，わずかに後方に突出し，一見雄の外形を有していた。

Fig. 2. Microscopic view of the gonads in the experiment group.
Notes : D,E and F, testes of the individual in the experiment groups ; G, ovary of the individual in the experiment group with some male-like external characters ; G′, further magnified photograph of the left lobe in G ; H, ovary of the individual in the experiment group, without any male-like external character.
L, left lobe of the ovary ; R, right lobe of the ovary ; o, oocyte ; sc, spermatocyte (primaly or secondary) ; s, spermatozoa.

C. 生殖腺

実験群の生殖腺は雌雄ともにいずれも正常で，間性個体はなく，それぞれ精子形成期および周辺仁期の段階にあった（第2図）。これらのうち，とくに注意を要するのは，上述した外形が雄に近似した個体が，第2図G および G'にみられるように完全な卵細胞を有していたことで，この卵巣の大きさは精巣の場合（久保田，1961 b）と同様に，左右で著しい不相称性を有している。

D. 成長度および減耗率の比較

実験終了時における各群の魚の平均体長を第5表に示した。対照群であるA，BおよびCの各群の平均体長は，それぞれ69.0 mm，65.9 mm および 65.1 mm に対して，実験群であるD，EおよびFの各群では，

Table 5. Mean body length of each group of loach at the end of the experiment on the sex reversal caused by follicular hormone.

Group	Range	Mean(mm)	Standard deviation
A	60～76	69.00±1.29	5.74±0.91
B	57～77	65.86±1.05	5.84±0.74
C	53～80	65.13±1.18	6.78±0.84
D	54～73	63.36±1.15	5.64±0.81
E	51～65	61.18±1.02	5.00±0.72
F	57～74	64.50±0.83	4.26±0.59

63.4 mm，61.2 mm および 64.5 mm で前者の方が後者よりもわずかに大きい。

実験終了時における各群の魚体重量は，対照群では25.0～31.1 g，実験群では18.2～25.1 g で，前者の方が後者よりも重い傾向があり，また平均体重は対照群では2.22～2.77 g に対して実験群では1.65～2.09 g で，後者は前者よりも軽い（第6表）。

Table 6. Total weight and mean body weight of each group of loach at the end of the experiment.

Group	Total weight(g)	Mean body weight (g)
A	25.0	2.77
B	30.7	2.36
C	31.1	2.22
D	21.1	1.92
E	18.2	1.65
F	25.1	2.09

次に各群の減耗率および増重倍率を示すと第7表の通りである。減耗率は対照群では 22.2～50.0 % に対して，実験群では 33.3～38.9 % で，本実験からは両群間における差異は認められない。増重倍率は対照群では 62.3～122.1 % で，種苗の大きさが小さい群ほど値が大きい。このことは，種苗の大きさが生産量に及ぼす影響についての実験結果（久保田ら，1957）と一致する。一方，実験群では，35.8～107.4 % で，放養時における種苗の大きさが最も小さいF群の値が最大である。そこで対照群と実験群の倍率を放養時にお

Table 7. Comparison of the mortality and the weight-multiplicating rate of the groups of individuals fed on the follicular hormone added to foods with those of the control groups.

Group	Number of individuals		$\frac{(n_0-n_1)}{n_0}\times 100$	Total weight (g)		w_1-w_0	$\frac{w_1-w_0}{w_0}\times 100$
	At the beginning of the culturing (n_0)	At the end (n_1)		At the beginning (w_0)	At the end (w_1)		
A	18	9	50.0	15.4	25.0	9.6	62.3
B	〃	13	27.8	14.8	30.7	15.9	107.4
C	〃	14	22.2	14.0	31.1	17.1	122.1
D	〃	11	38.9	15.2	21.6	6.4	42.1
E	〃	11	38.9	13.4	18.2	4.8	35.8
F	〃	12	33.3	12.1	25.1	13.0	107.4

Note : For the groups, see Table 1.

ける種苗の大きさがほぼ同じ群間でもって比較すると，A群およびB群の倍率はD群よりも，またC群はE群よりもそれぞれ大きい。

考　　察

実験群はその全個体にわたって雌性化しないで，大きい種苗の群では雄が少数ながら出現した。この事実は種苗の大きさを体長 45 mm 以下と規定したことから，その制限体長に近い個体では，すでに性の分化が行なわれ，実験群雄の骨質薄板の形状が各個体によってかなりの相違を示したことは，分化の度合の差異によるものと思われ，一たん性が決定すると，卵胞ホルモンが雄性化阻止の因子として働いても，その性の転換をはかることが困難であることを暗示している。したがって卵胞ホルモンによって全個体を雌性化するには，実験群のEおよびF群の成績より考えて，種苗の魚体の大きさを体重が0.7 g，体長が 40 mm 以下の範囲に留める必要があろう。

実験群の胸鰭は，対照群に比べて雄では短く，雌では長い結果を得たが，この原因については雄は卵胞ホルモンによる雄性化抑制の働きにより性徴の発達がはばまれ，一方，雌はそのうちに遺伝的雄が雌性化された，いわゆる機能的雌を含み，それらが多かれ少なかれ雄としての形質を残していることに起因し，変異係数が対照群の 8.4 に対して実験群は 15.8 で著しく大きく，また雄の外形に近似した雌個体を出現したことは，以上の事実を裏付けしているように思われる。

実験群の増重倍率は対照群のそれに比べて小さい値を示したが，これは（久保田，1953）がホルモン添加餌料による卵巣の成熟促進についての実験で指摘したように，エネルギーが体の増重に使用されるか，または生殖腺の発達および雄性化阻止に使用されるかの相違によるものと思われる。

さて性分化の転換に要する卵胞ホルモンの最少量および投与期間の決定，一たん雌性化すれば処理を中止して後も遺伝的な性へもどらないかどうか，また機能的雌が雄よりも良好な成長度を示すかどうかなどの諸点については残された問題であって，将来さらに研究を進めて行く予定である。

摘　　要

1. 体長 45 mm 以下のものを種苗とし，対照群には主餌料（蚕蛹と米糠）のみを，実験群には主餌料にオバホルモンB錠（帝国臓器製薬会社製）粉末を添加したものを与えてそれぞれの3群を40日間飼育した。

2. 雌の総数に対する出現率は，対照群では54％，56％および57％に対して，実験群では82％，91％および100％で，この後者の群のうちでは，種苗の小さい群ほど雌の出現率は大きい。

3. 実験群は対照群に比べて胸鰭の長さが雌において長く，雄において短く，また臀鰭の長さが雄において短い。

4. 雄の胸鰭第2鰭条基部に現われる骨質薄板 lamina circularis は実験群では不正常な個体が多く，対照群のそれに比べて発達が悪い。

文　献

1) 朝山新一，1954：雌雄性．動雑，**63**（8，9）．

2) 久保田善二郎，1953：ドジョウ卵巣の成熟過程．第3報，ホルモン添加餌料による卵巣の成熟促進．本報告，**3**（2）．

3) ————・松井　魁・白羽根元二・吉武嘉甫，1957：ドジョウの増殖に関する研究—I．種苗の魚体の大きさが生産量に及ぼす影響．本報告，**7**（1）．

4) ————，1961 a：ドジョウの形態学的研究—III．雌雄による形態的差異（2）．本報告，**11**（1）．

5) ————，1961 b：ドジョウの生態に関する研究—III．生殖腺について．本報告，**11**（1）．

6) ————，1961 c：ドジョウの生態に関する研究—IV．成長度および肥満度について．本報告，**11**（1）．

7) 宮森弘子，1959：エストロジェンによよグッピーの性転換．動雑，**68**（8）．

8) OKADA, Y. K., 1943: Production of testis-ova in *Orizias latipes* by oestrogenic substances. *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, **19**(8).

9) ————, 1944: On the bipotentiality of the sex cells in poeciliid Fish. *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, **20**(4).

10) 塚原　博，1948：ドジョウの二次性徴と産卵習性との関係について．生物，**3**（4）．

11) 山本時男，1954：遺伝子型のメダカにおける機能的性転換の人為的誘導．動雑，**63**(1，2)．

12) ————，1956：遺伝子型メス（XX）のメダカの機能的性転換の続報，特に性転換魚の子孫．動雑，**65**(3，4)．

13) ————，1958：メダカの性分化の転換に要するメチル・テストステロンの閾値及び適量順位．動雑，**67**(1，2)．